Pulp and Paper Environmental Effects Monitoring (EEM) Program

National Status Report Cycle 1 (1993–1996)

Prepared by
National Environmental Effects Monitoring Office
Environment Canada

April 2000

Table of Contents

Preface ____ *iv*

Introduction ____ *1*

Overview of the Pulp and Paper Industry in Canada ____ *5*

Overview of Environmental Effects Monitoring Cycle 1 ____ *5*

Pre-design ____ 6

Study Design ____ 6

a) Fish Survey ____ 7
b) Benthic Invertebrate Community Survey ____ 7
c) Tissue Analyses for Dioxins and Furans ____ 7
d) Tainting Evaluation ____ 8
e) Sublethal Toxicity Testing ____ 8
f) Chemical Tracers ____ 9

Fish Survey ____ 9

Sublethal Toxicity Testing ____ 14

Chemical Tracers ____ 16

EEM Program Modifications — Cycle 2 and Beyond ____ *16*

Fish Survey ____ 17

Benthic Invertebrate Community Survey ____ 18

Tissue Analyses for Dioxins and Furans ____ 19

Tainting Evaluation ____ 19

Sublethal Toxicity Testing ____ 20

Chemical Tracers ____ 20

Conclusion ____ *21*

References ____ *21*

Further Reading ____ *22*

Glossary ____ *23*

103-07130/

List of Figures

Figure 1: Releases of BOD and TSS per unit of production, 1968–1996 2
Figure 2: Discharges of dioxins and furans from Canadian pulp and paper mills between 1988 and 1997 (TEQ = toxic equivalents) 3
Figure 3: Sequence of events involved in EEM site-specific studies 4
Figure 4: Locations of pulp and paper mills across Canada that participated in Cycle 1 EEM studies (EEM 1997e) 5
Figure 5: Percentage of female fish populations showing statistically significant liver weight differences between reference and exposed areas during Cycle 1 (modified from EEM 1997c) 11
Figure 6: Percentage of female fish populations showing statistically significant gonad weight differences between reference and exposed areas during Cycle 1 (modified from EEM 1997c) 11
Figure 7: Effects of exposure of benthic invertebrate communities to mill effluent, based on differences in species richness and abundance between exposure and reference sites, and whether the differences are related to confounding factors in benthic communities in Cycle 1 (modified from EEM 1997e) 13
Figure 8: Standard toxic equivalent (TEQ) values of dioxins and furans in edible fish tissue from Cycle 1. NB = New Brunswick, NS = Nova Scotia, ON = Ontario, PQ = Québec, AB = Alberta, BC = British Columbia (modified from EEM 1997f) 14
Figure 9: Comparison of primary and secondary treatment for the sublethal *Ceriodaphnia dubia* reproduction data for Cycle 1 pulp and paper EEM (modified from EEM 1997h) 15
Figure 10: Example of a fish survey decision tree used in Cycle 1 18

List of Tables

Table 1: Sublethal toxicity tests that were used in Cycle 1 pulp and paper EEM 8

Preface

In 1992, the 1971 *Pulp and Paper Effluent Regulations* under the *Fisheries Act* (available on the Internet at <http://canada.justice.gc.ca/FTP/EN/Regs/Chap/F/F-14/SOR92-269.txt>) were amended to include more stringent limits on effluent discharge, based on water quality criteria and pollution control technology. Although it was acknowledged that more stringent discharge limits would improve environmental protection, it was also recognized that these measures alone might not ensure adequate protection of the aquatic ecosystem at every site. As a result, the Environmental Effects Monitoring (EEM) program was developed and put in place at each pulp and paper mill (and off-site treatment facility) in Canada, as stipulated under sections 28–35 of the *Pulp and Paper Effluent Regulations*. The objective of EEM is to evaluate the effects of effluent on fish, fish habitat, and the use of fish by humans. This information will be used to assess the adequacy of the regulations in protecting fish, fish habitat, and human use of fisheries resources and to ensure their proper management, conservation, and protection.

This report is the first in a series that will summarize the results of the EEM program, view the results from a national perspective, and highlight any discernible national trends since the 1992 *Pulp and Paper Effluent Regulations* came into force. The report offers a preliminary examination of the first "cycle" (Cycle 1) of the pulp and paper EEM program. The data presented in the report do not represent statistically significant findings, nor does the report intend to provide a complete evaluation of data collected to date.

Introduction

The purpose of this report is to summarize the results of the first cycle (Cycle 1) of the pulp and paper Environmental Effects Monitoring (EEM) program (i.e., trends, issues) and discuss the modifications made to the EEM program based on these results.

EEM is a scientific tool that provides feedback on:

- the health of aquatic ecosystems potentially affected by human activity; and
- the effectiveness of environmental protection measures (e.g., the *Pulp and Paper Effluent Regulations*).

EEM is not only an end-of-pipe assessment of industrial output, but also an iterative monitoring and management approach. Scientific evaluations, such as fish population surveys, are done within the local receiving environment, based on national guidelines, site-specific needs, and the latest technology.

The EEM program is the result of good relationships with the pulp and paper industry and other stakeholders. In the science review of Cycle 1, expert working groups were established and given specific mandates. Their recommendations were reviewed and the EEM requirements were modified, resulting in an improved program. The pulp and paper industry is the first sector to have actively and successfully undertaken a national EEM program. A multi-stakeholder process was used to design a metal mining EEM program which will soon be implemented.

The adequacy of the *Pulp and Paper Effluent Regulations* will be assessed through the EEM program on the basis of the magnitude and spatial extent of effects, if any, in the receiving environments that are related to the mills. Effects may include changes in fish health (as measured by fish population studies), deterioration of fish habitat (as measured by benthic invertebrate community studies), and the accumulation of contaminants in fish to levels that are of concern to human health.

Pulp and paper EEM is structured in a three-year sequence of monitoring and interpretation phases known as "cycles." At the beginning of every cycle, each mill, with the guidance of regional Environment Canada officials, develops a site-specific monitoring program. At the end of the cycle, each mill is required to submit an interpretive report, summarizing its monitoring work and results, to its regional Environment Canada official. Mills must then review and refine their monitoring program for subsequent cycles based on the evaluation of the previous cycle.

Cycle 1 was intended to establish baseline data against which data from future cycles could be compared. Individual EEM cycles alone do not provide the necessary information with which to determine the adequacy and effectiveness of the current regulations. Rather, such an evaluation, with informed, scientifically credible, and defensible conclusions, requires the accumulation of data over several cycles.

Effluent discharges from the pulp and paper industry were first regulated by the *Pulp and Paper*

Effluent Regulations passed under the *Fisheries Act* in 1971. Figures 1 and 2 illustrate the effectiveness of these regulations in improving effluent quality. Figure 1 shows the releases of biochemical oxygen demand (BOD) and total suspended solids (TSS) per unit of production over time. BOD material represents the potential for dissolved and suspended material in the effluents to deplete the oxygen in the receiving waters when consumed by microbial organisms, which can lead to suffocation of aquatic organisms. The TSS material represents the amount of suspended solids that may settle on the bottom of water bodies, disrupting aquatic life. Figure 2 shows the releases of dioxins and furans over time. The release of dioxins and furans from pulp and paper mills stemmed from the chlorine bleaching process, which, over the past years, has been eliminated or replaced at most mills.

The data depicted in Figure 1 show a ninefold reduction in BOD releases and a threefold reduction in TSS releases as compared with the pre-regulatory (1971) levels. Figure 2 shows a similar dramatic decrease in dioxin and furan levels between 1988 and 1996. Despite these major improvements in effluent quality, there remained a need to demonstrate similar improvements in the receiving environment. Consequently, the 1992 amendment of the PPER included the addition of a requirement for an "environmental effect monitoring" program.

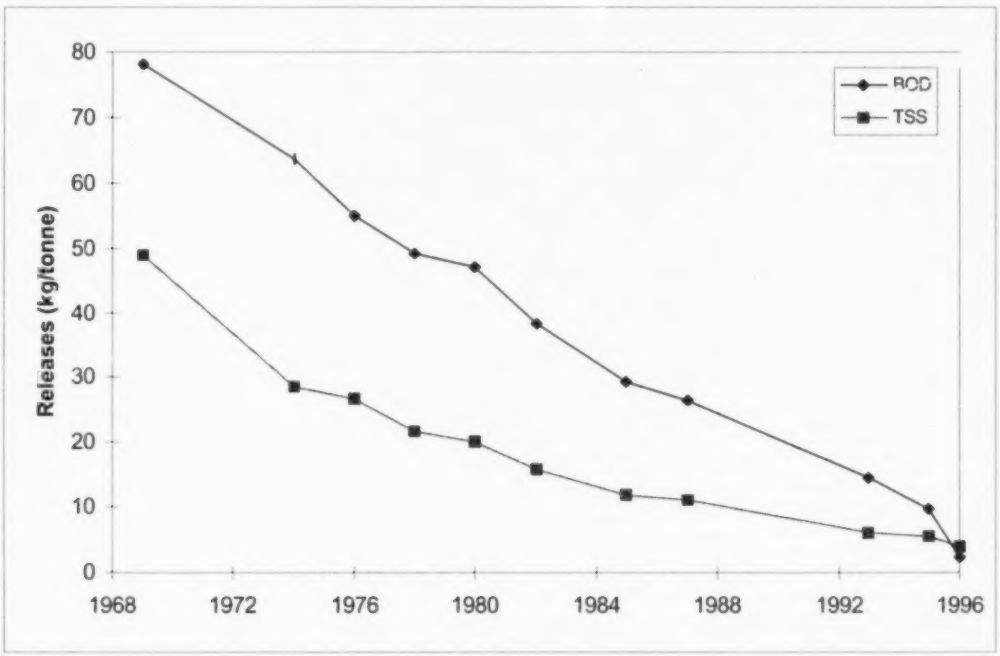

Figure 1: Releases of BOD and TSS per unit of production, 1968–1996

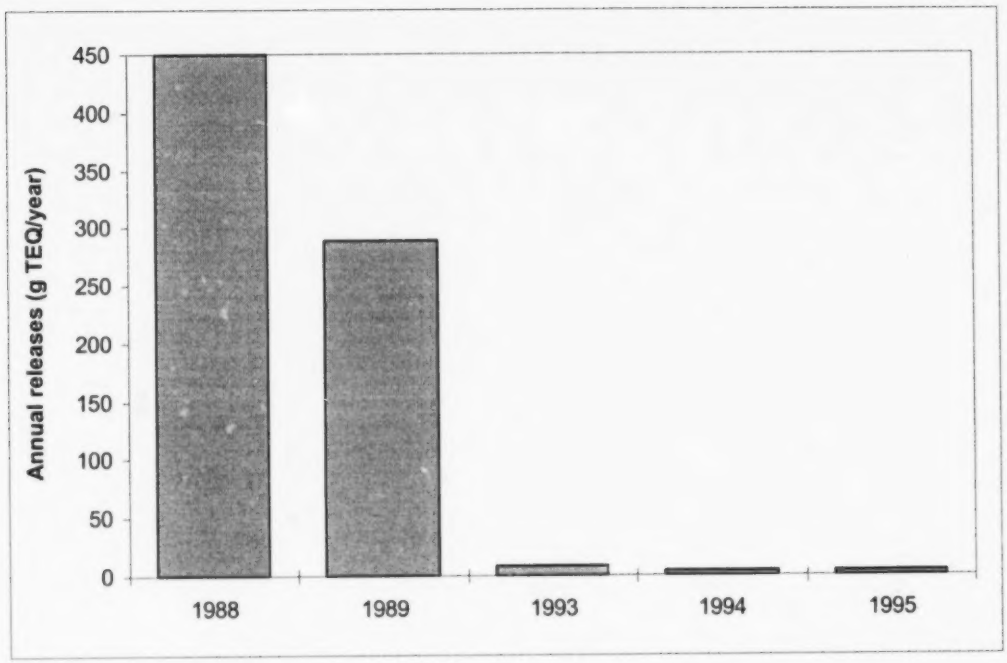

Figure 2: Discharges of dioxins and furans from Canadian pulp and paper mills between 1988 and 1996 (TEQ = toxic equivalents)

The requirements of the EEM program may include the following components:

- a fish survey (e.g., analyzing the growth and reproduction of two sentinel species);
- a benthic invertebrate community survey (e.g., measuring the abundance and diversity of invertebrates);
- a tainting study (evaluating the usability of fisheries resources);
- a study of dioxins and furans in edible fish tissue;
- a tracers study; and
- sublethal toxicity testing.

Figure 3 provides an overview of the sequence of events for EEM. Further details on each component of the program can be found in EEM (1997a-h, 1998).

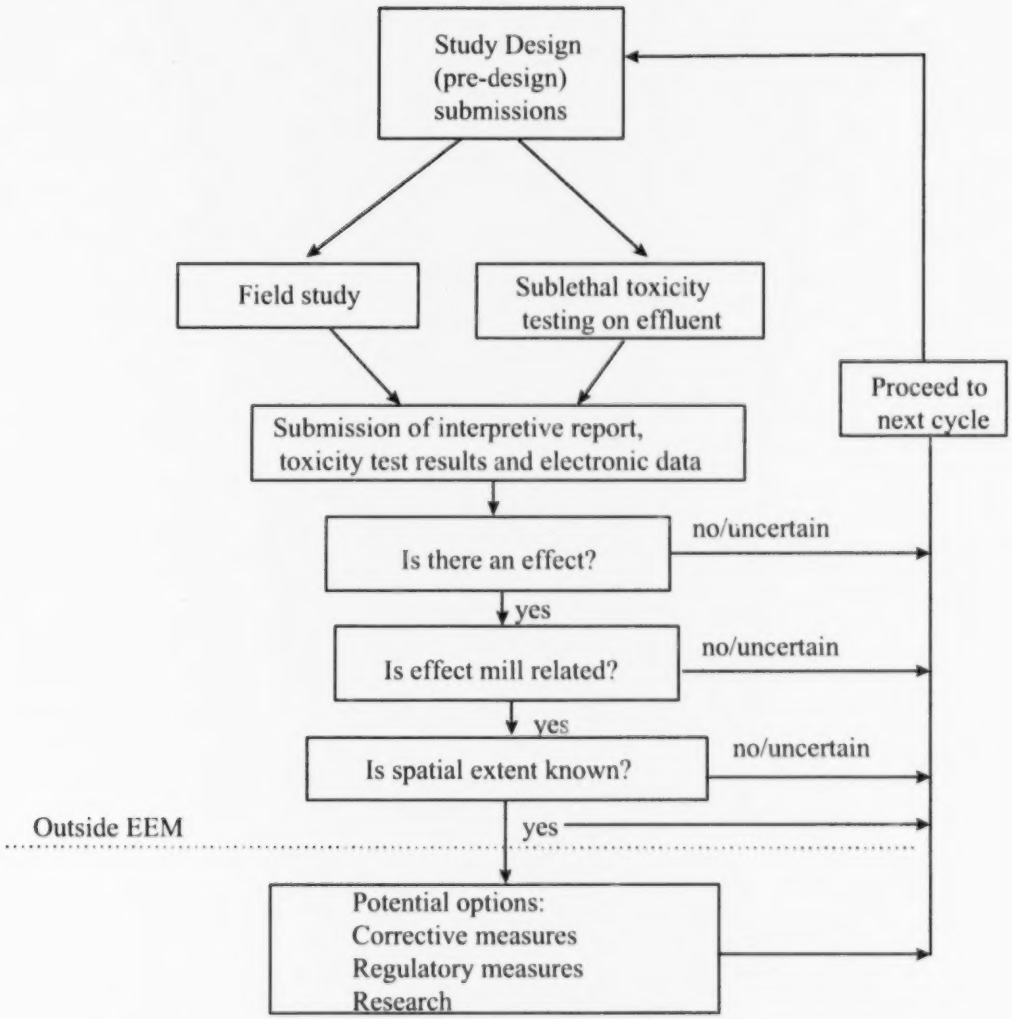

Figure 3: Sequence of events involved in EEM site-specific studies

Following the submission of the Cycle 1 reports in 1996, six expert working groups, composed of representatives from government and the pulp and paper industry, were formed to review the results of Cycle 1, identify technical problems with the program, and provide recommendations for modifications to the program for subsequent cycles. These evaluations and recommendations have led to improvements in the EEM program.

Please refer to the glossary provided at the end of this report for the definitions of technical terms.

Overview of the Pulp and Paper Industry in Canada

There were 131 mills in Canada during Cycle 1 that were subject to the amended *Pulp and Paper Effluent Regulations* and required to conduct EEM. This report will focus on the 129 mills that completed their studies before March 31, 1996. During Cycle 1, 94 mills discharged to freshwater environments, including creeks, rivers, lakes, reservoirs, and a canal; 20 mills discharged to marine environments; and 15 mills discharged to estuarine environments or freshwater rivers emptying into estuaries (see Figure 4). Of those mills, 45 use or have used chlorine bleaching in their process.

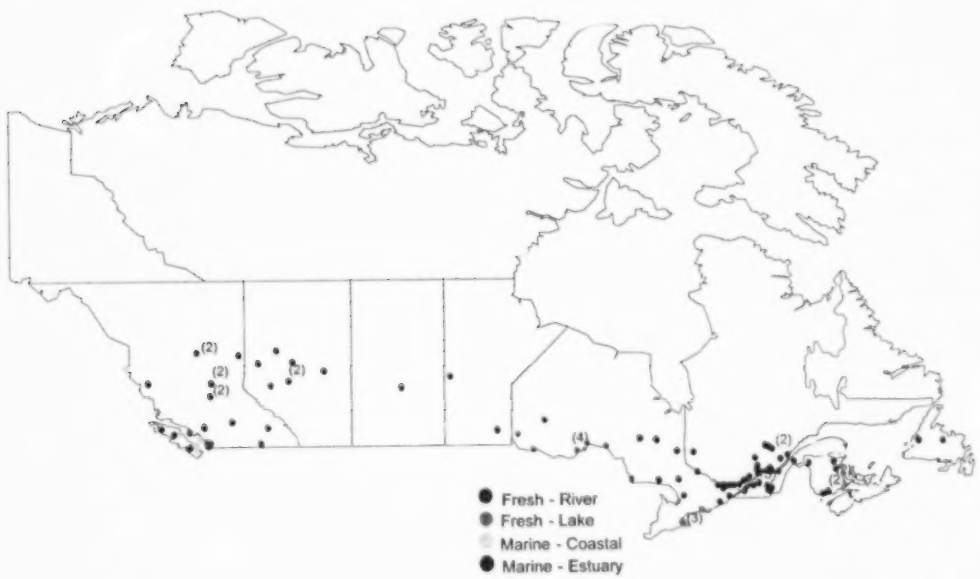

Figure 4: Locations of pulp and paper mills across Canada that participated in Cycle 1 EEM studies (EEM 1997e)

As a result of the studies undertaken jointly by mills, 115 EEM studies were conducted during Cycle 1.

Overview of Environmental Effects Monitoring Cycle 1

Cycle 1 began with mills reviewing existing biological and chemical data and designing and

implementing monitoring studies. The design of these studies was based on national guidance documents to help ensure consistency in data collection and analysis. This cycle was intended to establish a baseline against which future cycles can be compared, to assess variability in sites, and to evaluate the adequacy of the methodologies used for the purposes of EEM. Successive cycles will allow the assessment of temporal changes in the magnitude and/or spatial extent of any effects on fish, fish habitat, or the use of fisheries resources.

Pre-design

Cycle 1 included a "pre-design" requirement. A pre-design is required only once for the EEM program, provided that mill processes, effluent loading, and the receiving environment have not changed over time. In the longer term, the pre-design information provides a representation of the environment as it was prior to Cycle 1. Pre-design information included (EEM 1998):

- information about mill processes and effluent quality;
- a delineation of the spatial extent of the study area, including the exposure area and representative reference areas;
- an inventory and maps of the fisheries habitat;
- the relative abundance of fish in the study area, to determine the selection of two sentinel species;
- a description of historical receiving environment data and monitoring data collected for purposes other than EEM;
- the documentation of any potentially confounding factors that must be considered in the study design and interpretation of results;
- data on mill or off-site treatment facility history, including processes and process changes, effluent changes, effluent treatment, and spills; and
- a summary of information from all previous monitoring and research activities relevant to the above pre-design requirements.

Study Design

At the beginning of each cycle, mills must submit a study design that includes the following information:

- a schedule setting out the time frame for conducting the study;
- a description of the goals, expectations, and rationale for the field monitoring program;
- a description of the statistical design criteria, hypotheses, and statistical methods;
- a description of the locations where sampling will be done, what will be measured, and frequency of monitoring;
- a description of all field and laboratory methodologies, quality assurance/quality control (QA/QC) procedures, and data analysis; and
- a description of other field analyses, such as fish surveys, benthic surveys, and potential effects on fisheries resources.

The study design is often developed based on the information that the pre-design provides about the environment surrounding the mill.

a) Fish Survey

The fish survey component of EEM provides an assessment of differences between populations of fish captured in the exposure area and those captured in the reference area. "Fish," as defined under the *Fisheries Act*, includes finfish, shellfish, and crustaceans. Cycle 1 required that mills collect two fish sentinel species, one of which should be a benthivore, as part of their fish survey. A minimum of 20 adult males and 20 adult females were required from each sampling area. The main criteria used for selecting the fish sentinel species were as follows:

- the fish were abundant in the study area;
- the fish were exposed to the effluent (excluding fish taken from the reference area); and
- the reproductive and growth characteristics of the fish could be measured.

The design of the EEM fish survey assumed that growth, reproduction, and fish survival were among the most important characteristics of fish to protect. Fish population studies provided a cost-effective way of measuring these components. Past studies that examined the effects of pulp and paper effluent on fish populations have found consistent results, including delayed sexual maturity, decreased gonad size, decreased body length, increased liver size, and increased condition factor (Södergren 1989; McMaster et al. 1991, 1992; Hodson et al. 1992; Munkittrick et al. 1994).

The measurement endpoints selected to examine population characteristics were length, body weight, gonad weight, fecundity, liver/hepatopancreas weight, sex, and age. External examinations of the condition of the fish were also noted, including the presence of tumours, neoplasms, and skin or liver lesions. Gonad weight was chosen as one of the parameters for detecting an effect, since reproduction is regarded as a key assessment endpoint in the EEM program. A reduction in gonad size is an indication that fish may be expending energy for uses other than reproduction. Similarly, increased liver size may indicate an adaptive response of the exposed fish, increasing its capacity to detoxify contaminants, and/or a greater allocation of energy to storage, possibly at the expense of growth or reproduction.

b) Benthic Invertebrate Community Survey

For the Cycle 1 benthic invertebrate community survey, two sampling designs were required: extensive and intensive surveys. The extensive survey was used to determine the extent of natural variation within the major habitat classes in the reference and exposure areas. It was required if there was a lack of historical data to allow for the selection of reference, near-field, and far-field areas. Conversely, if historical information on spatial patterns of the benthic invertebrate community was available to permit the determination of the various sampling areas, an intensive study could be carried out. The intensive survey allowed for comparisons between the reference area, the near-field, and the far-field benthic invertebrate community.

c) Tissue Analyses for Dioxins and Furans

For Cycle 1, mills that currently use or have used chlorine bleaching were also required to

conduct a tissue analysis of edible portions of fish for chlorinated dioxin and furan congeners. This analysis was included in the EEM program to assess effects of pulp and paper effluents on the use of fisheries resources. The species and tissues for analysis were selected so as to provide a composite sample of an important recreational or sport species.

d) Tainting Evaluation

Tainted fish are described as those fish that have "an abnormal flavour or odour" (ISO 1992). The definition assumes that the odour or flavour was introduced into the fish from outside sources and does not originate from the deterioration of fish in storage, from the decomposition of protein, fat, or other components, or from microbial contamination normally found in fish (EEM 1998).

For Cycle 1, a tainting evaluation was required at mills that had historical records of complaints of fish tainting. Six mills (three in British Columbia, two in Alberta, and one in Nova Scotia) conducted a tainting evaluation. The differences in testing procedures used by these six mills included fish species used, sample preparation, sample storage, and the sensory evaluation techniques. The triangle test (six samples — the first group contains two controls and one test sample; the second group contains two test samples and one control) was the most common evaluation technique used. Preference tests and difference from control tests were also used in some cases.

e) Sublethal Toxicity Testing

Effluent toxicity testing is another portion of an EEM cycle and involves exposing laboratory organisms to a series of effluent dilutions. Within the EEM program, sublethal toxicity testing is required for the following reasons:

- to contribute to the field program by complementing and supporting the field data with laboratory analyses;
- to compare process effluent quality between mill types and to measure changes in effluent quality as a result of effluent treatment or process change; and
- to contribute to the understanding of the relative contribution of the mill in multiple discharge situations.

Sublethal toxicity tests that were used in Cycle 1 are summarized in Table 1.

Table 1: Sublethal toxicity tests that were used in Cycle 1 pulp and paper EEM

Test	Receiving environment	Test species
Fish early life stage development test	Marine	Inland silverside (*Menidia beryllina*) or sheepshead minnow (*Cyprinodon variegatus*)
	Freshwater	Fathead minnow (*Pimephales promelas*) or species of salmonids
Invertebrate reproduction test	Marine	Echinoids (sea urchins or sand dollars)
	Freshwater	Daphnid (*Ceriodaphnia dubia*)
Plant toxicity test	Marine	Algae (*Champia parvula*)
	Freshwater	Green algae (*Selenastrum capricornutum*) or duckweed (*Lemna minor*)

f) Chemical Tracers

In order to verify the exposure of fish to effluent in the exposure area, and their lack of exposure to effluent in reference areas, mills are required to conduct chemical tracer studies. By measuring an effluent tracer in the fish collected, mills are able to substantiate the exposure of fish to the liquid phase of the effluent in the receiving environment for the fish survey. For Cycle 1, compounds such as chlorinated dioxins and furans, resin acids, fatty acids, and chlorinated phenols were recommended for their potential as effluent tracers that would accumulate in fish. However, very limited procedural technical guidance was available for mills. Nevertheless, 77 mills reported tracer chemical data in support of their fish survey, while the remainder of the mills were exempted from this requirement because of barriers such as dams that separated the exposure and reference sites or local conditions that did not allow samples to be collected in a manner that would be suitable for the intended purpose.

Results and Trends of Cycle 1

Fish Survey

The objective of the Cycle 1 fish survey was to collect baseline data for the design of subsequent cycles, including data for:

- determining estimates of variability in fish populations, to understand the range of values found in a "normal" fish population;
- determining the capture success and suitability of sentinel species; and
- assessing the appropriateness of reference areas.

The results of the Cycle 1 fish survey demonstrated a number of sampling design problems, which led to difficulties in meeting the objective of determining variability in the measured parameters. The lack of success in catching sentinel species was one of the biggest problems encountered in Cycle 1. At 92% of the mills, the minimum required numbers of males and females of two sentinel species, in both the reference and exposure areas, were not captured. In addition, the selection of

inappropriate tracers, variations in analytical techniques, and sampling of highly mobile species made it difficult to determine whether fish had actually been exposed to the mill effluent in some cases. As well, the selection of inappropriate reference sites made comparisons between the reference and exposure areas difficult.

The objectives of assessing the suitability of sentinel species, capture success, and reference sites were met. Overall, the most common problems were that immature fish were caught or species were migratory. For mills discharging to fresh water, other problems included fish laying eggs more than once per year; for mills discharging to the marine/estuarine environment, another problem was that the sentinel species could not be reliably aged. For subsequent cycles, there are now baseline data that should allow the selection of better sentinel species, more appropriate sampling methods, and more suitable reference sites.

Following the evaluation of data from Cycle 1, the Fish Survey Expert Working Group established that a significant effect could be defined by a difference of 25% or more in gonad size between fish from reference and exposed areas. The study must be designed so as to allow for a sample size large enough to provide a good probability of detecting an effect of such magnitude. Moreover, data from other Canadian (Munkittrick et al. 1994) and Swedish (Södergren 1989) mill studies support the 25% or more difference in gonad weight. Indicators of mill effects on fish using other physical parameters are currently under development. Further analyses of subsequent fish data are needed as feedback to review the suitability of the established critical effect size for gonads.

Although Cycle 1 was not designed to allow any conclusions to be drawn, some very broad observations can be noted from the fish survey data. Approximately 18% of exposed female fish populations showed a slight increase in liver weight, while about 8% showed a slight decrease in liver weight. Overall, the larger part of the fish data showed that there were no differences in liver weight (Figure 5). Similar observations were made with respect to gonad weight differences in female fish populations, where 15% of the population showed a decrease in gonad weight and approximately 8% showed an increase in gonad weight. Once again, the data showed that, for the large part, there were no differences in gonad weight (Figure 6).

Further detailed data analysis by species, gender, and sampling areas will be required in the future for a more specific and thorough investigation of mill-related effects on fish.

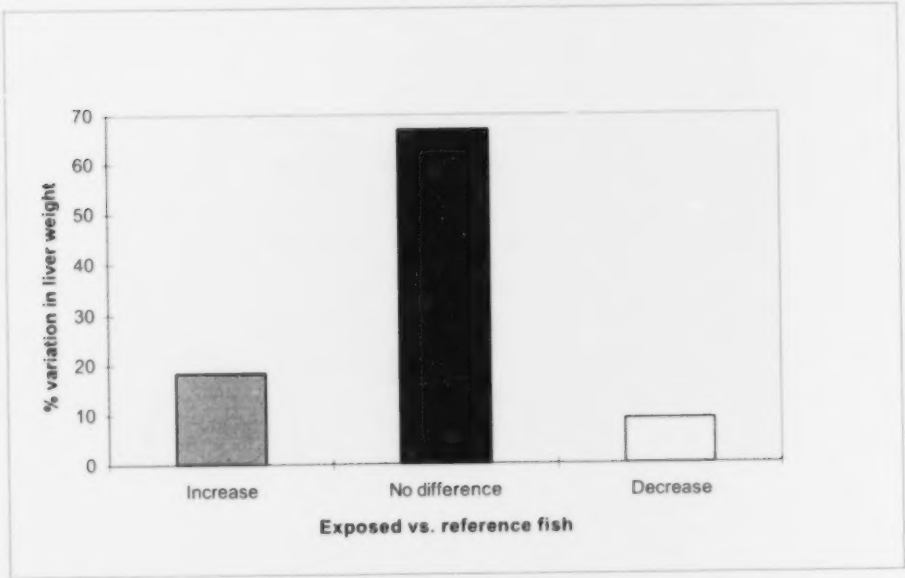

Figure 5: Percentage of female fish populations showing statistically significant liver weight differences between reference and exposed areas during Cycle 1 (modified from EEM 1997c)

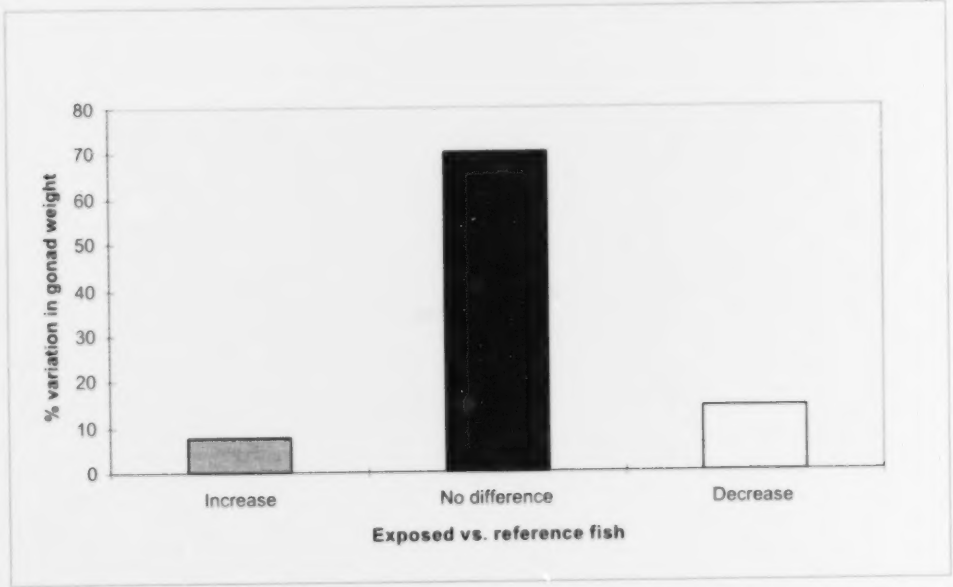

Figure 6: Percentage of female fish populations showing statistically significant gonad weight differences between reference and exposed areas during Cycle 1 (modified from EEM 1997c)

Benthic Invertebrate Community Survey

The purpose of the benthic invertebrate community survey is to examine structural differences (e.g., abundance, diversity) in the benthic invertebrate community in areas exposed to effluents from a pulp and paper mill. Variations in the benthic invertebrate abundance and/or diversity will provide an indication of habitat degradation due to organic enrichment and other forms of physical and chemical contamination.

For the purposes of looking at the benthic invertebrate data from a national perspective, results of the extensive and intensive surveys were sorted into three general categories: no difference between benthic invertebrate communities in exposure and reference areas; differences (in either diversity or abundance) with confounding factors; and differences with no confounding factors (Figure 7). Confounding factors included multiple discharges and differences in the physical habitat between the reference and exposure areas.

Some very broad observations were made based on the Cycle 1 data. For instance, of the 112 mills reviewed by the Benthic Invertebrate Community Expert Working Group, 69% of the studies showed differences in species richness and/or abundance between reference and exposure sites. However, in only 28% of these 77 studies were the differences suggested to be effluent-related (EEM 1997e). Insufficient information was available to allow the magnitude and spatial extent of the effects to be defined.

The Benthic Invertebrate Community Expert Working Group noted that a variety of sampling methods were used in Cycle 1, making it difficult to carry out a national or regional assessment of the environmental performance of mills (EEM 1997e). Instead, Cycle 1 results provide a rough overview of mill-related effects on benthic invertebrate communities. For the purposes of this report, Cycle 1 data were pooled without giving consideration to differences in data collection methods, sorting techniques, taxonomic identification, or statistical analyses. Caution should be taken when interpreting data that have been pooled on a large scale, as pooling does not take into consideration the possible lack of consistency between data sets. That said, the comparisons illustrated in Figure 7 are based on whether a difference in the species richness and abundance of benthic invertebrate communities was noted in each mill's Cycle 1 report, regardless of sampling technique or statistical analysis used. Future cycles with more consistent data collection and analysis between mills will eventually lead to more sound conclusions on the effects of mills on benthic invertebrate communities.

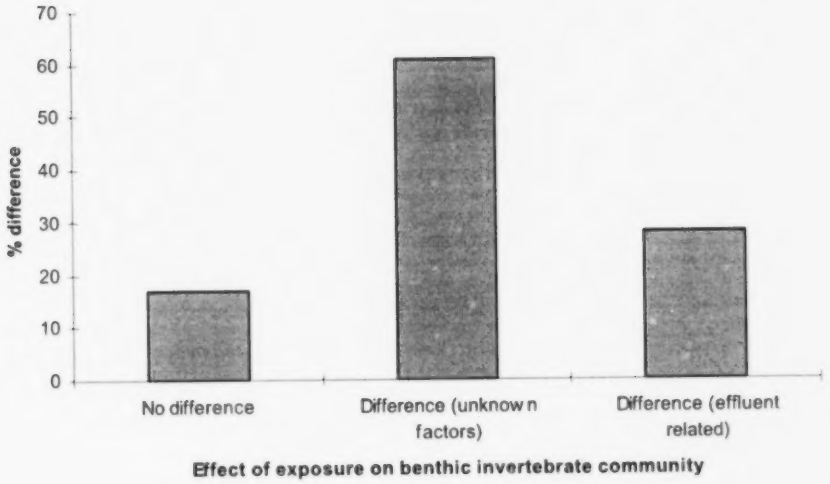

Figure 7: Effects of exposure of benthic invertebrate communities to mill effluent, based on differences in species richness and abundance between exposure and reference sites, and whether the differences are related to confounding factors in benthic communities in Cycle 1 (modified from EEM 1997e)

Tissue Analyses for Dioxins and Furans

The results from Cycle 1 indicate that levels of dioxins and furans in edible fish tissue are low. For instance, the freshwater mills generally showed low (generally <1 ppt) to non-detectable levels of dioxins in fish samples analyzed (EEM 1997f). These data are consistent with findings from the National Dioxin Sampling Program (Duncan 1998) and reflect the industry's quick implementation of process and treatment strategies to eliminate dioxins and furans from effluents in accordance with the CEPA *Pulp and Paper Mill Effluent Chlorinated Dioxins and Furans Regulations* (see <http://www.ec.gc.ca/enforce/english/chapter3.htm>). For marine mills, those in Atlantic Canada showed low or non-detectable levels of dioxins and furans in fish tissue; however, no lobster or crab hepatopancreas or fish livers were sampled (EEM 1997f). Nevertheless, there were a few sites where reductions in dioxins were not realized and where levels of dioxins and furans in edible fish tissue exceeded fish consumption guidelines for the protection of human health (Figure 8).

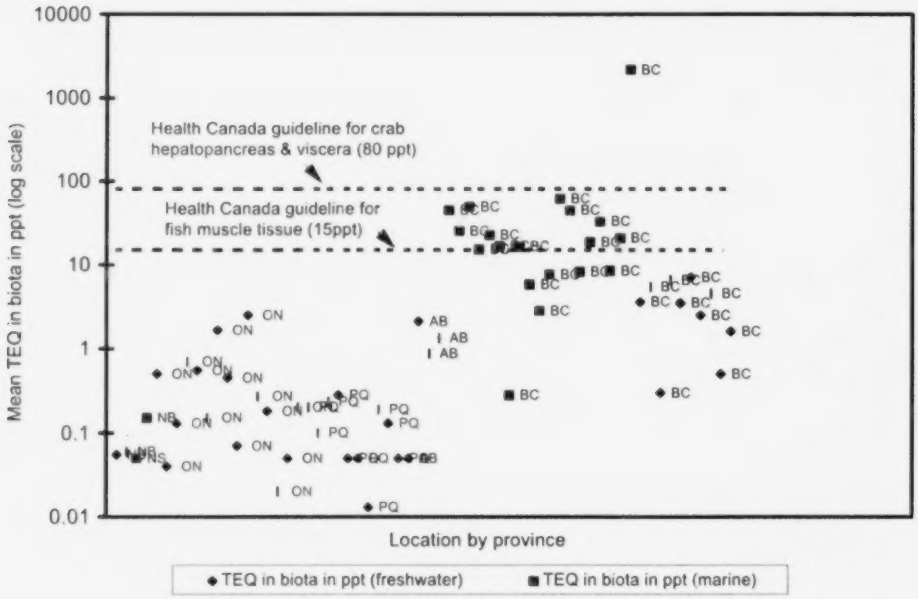

Figure 8: Standard toxic equivalent (TEQ) values of dioxins and furans in edible fish tissue from Cycle 1. NB = New Brunswick, NS = Nova Scotia, ON = Ontario, PQ = Québec, AB = Alberta, BC = British Columbia (modified from EEM 1997f)

Tainting Evaluation

In general, the results from the Cycle 1 tainting evaluation were inconclusive, due to confounding factors. Study design problems included the fact that the reference and exposure fish populations were not isolated from one another in the environment, the fact that they were collected in different habitats, and the inability to isolate the influence of other sources of contaminants from that of the mill. Problems were identified with the sensory tests as well. For instance, it was felt that the panelists were not properly trained, that the triangle test was too sensitive and did not provide a range of differences in taste, and that the preference test was used inappropriately. Further detailed guidance on conducting a tainting evaluation has since been developed based on the Cycle 1 evaluation and is provided in EEM (1998).

Sublethal Toxicity Testing

In Cycle 1, mills were required to conduct three sublethal toxicity tests (representing a fish, an invertebrate, and a plant species) every four months during the year in which the field monitoring took place. The results were used to examine the utility of the sublethal toxicity tests used in Cycle 1 and to determine what effect, if any, secondary treatment has had on the overall effluent quality.

Overall, the quality of data in the Cycle 1 sublethal toxicity tests was good. However, the variability in discharge environments, mill processes, and effluent treatment between mills across Canada leads to variation in the types of sublethal toxicity tests (see Table 1) used between mills. This lack of uniformity of data from mill to mill adds some uncertainty to any conclusions when the data are pooled together.

Nevertheless, the toxicity data were analyzed nationally, and different mill processes were grouped together. In general, it was found that the instalment of secondary effluent treatment improved effluent quality with respect to sublethal toxicity. For example, the daphnid (*Ceriodaphnia dubia*) IC_{25} growth and reproduction data (Figure 9) show a decreasing trend in IC_{25} values after secondary treatment when compared with the toxicity test results on primary-treated effluent. A very clear trend can be seen in the reduction of toxicity for mills using secondary treatment. These results are similar for most of the sublethal toxicity tests that were done.

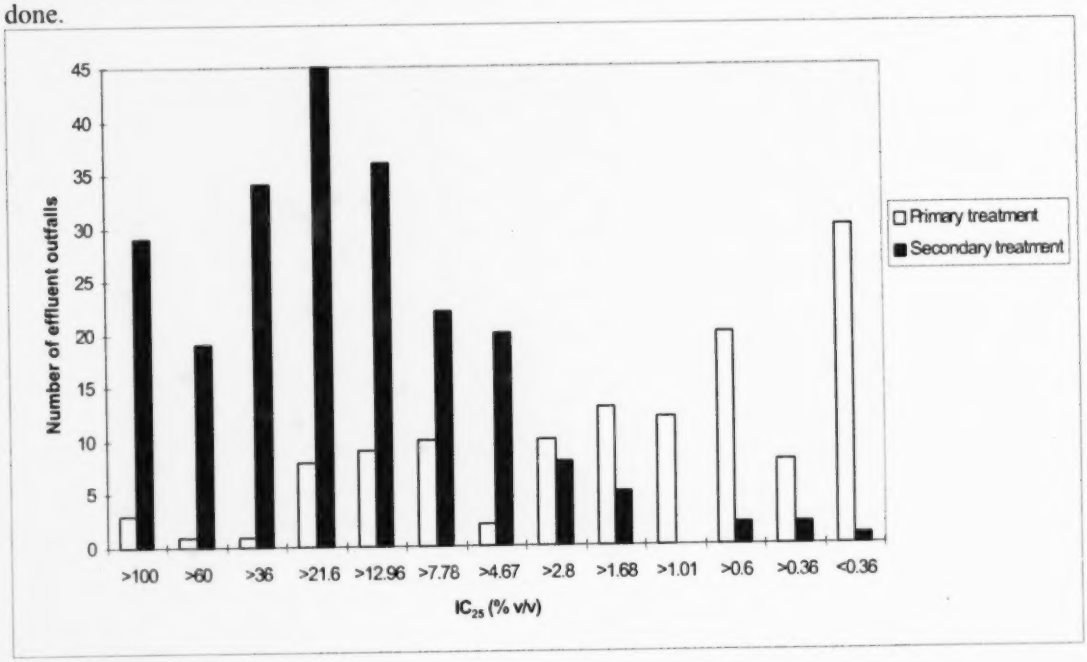

Figure 9: Comparison of primary and secondary treatment for the sublethal *Ceriodaphnia dubia* reproduction data for Cycle 1 pulp and paper EEM (modified from EEM 1997h)

The effectiveness of the nine sublethal toxicity tests was examined by looking at the sensitivity of each test species and its ability to detect trends. The duckweed (*Lemna minor*) growth inhibition freshwater test was not a sensitive indicator, nor was it able to detect any trends in the effects of primary- versus secondary-treated effluent. This may be partially due to a lack of a standardized protocol. The early life stage salmonid (rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*) test was completed by only a few mills, so the adequacy of this test has yet to be determined. No mills used the sheepshead minnow (*Cyprinodon variegatus*) marine sublethal toxicity test. All other tests, with

the exception of the echinoderm and marine algae (*Champia parvula*) sublethal toxicity tests, were found to be sufficiently sensitive to allow very general trends to be observed.

Chemical Tracers

The main objective of the use of tracers was to confirm the exposure of fish to the liquid phase of the effluent in the receiving environment. In Cycle 1, mills monitored approximately 100 chemicals as tracers, including 92 organic chemicals, 7 inorganic chemicals, and 1 biochemical. White suckers (*Catostomus commersoni*) were the most common species used for monitoring each organic chemical group. Other species included the longnose sucker (*C. catostomus*), winter flounder (*Pleuronectes americanus*), and walleye (*Stizostedion vitreum*). Tissues monitored for organic chemicals included muscle, liver, bile, liver/gall bladder, and hepatopancreas. Resin acids were the most common chemical group measured as tracers.

Results showed that only a small portion of the compounds measured at the study and reference sites were actually detected. For instance, only 3–5% of chlorinated phenols, 9–11% of chlorinated furans, 11–14% of chlorinated dioxins, and 16–25% of resin acids were detected. Many of the tracers detected in fish from the study sites were also detected at the reference sites. Most of the fish collected for the adult fish survey at both sites were captured within a period of a few days to several weeks. Distances between reference and study sites varied considerably. In addition, at many mills, it would have been possible for the fish to move freely between the study and reference sites. This could explain some of the observations where reference site fish had higher concentrations of tracers than fish from the study site.

Following the evaluation of Cycle 1 data, the Tracer Expert Working Group concluded that the use of tracers was not entirely successful due to a number of factors. The most prominent problem encountered was identifying suitable chemical tracers, particularly in secondary-treated effluent. The concentrations of resin and fatty acids and many of the chlorophenols were dramatically reduced by secondary treatment or the reduction in the use of elemental chlorine in bleaching. Moreover, for resin and fatty acids, bile was identified as the tissue that should contain the maximum concentration for these compounds, but collecting sufficient quantities of bile, particularly from smaller fish, created many challenges.

EEM Program Modifications — Cycle 2 and Beyond

During the Cycle 1 review process, the need for establishing a balance between the national regulatory program and having site-specific scientific studies based on the local conditions of each mill was uncovered. The expert working groups developed a series of "decision trees" for the fish survey (see Figure 10 below), benthic invertebrate community survey, dioxins and furans analyses, tainting evaluation, and tracer requirements. These decision trees can be used in conjunction with the results of Cycle 1 (and subsequent cycles) to aid in designing future cycles. They allow mills more flexibility in their EEM study design than was possible with the Cycle 1 design.

A variety of alternative sampling techniques for the purposes of carrying out the fish and benthic

invertebrate community surveys as well as measuring chemical tracers in fish are being explored so as to improve data collection methods. There are currently no nationally approved alternatives, but mills are required to suggest other options if the results from Cycle 1 indicate that a fish population survey, for example, is not feasible. Two alternatives to the fish survey that are being explored through pilot projects are caged bivalve studies and on-site bioassay studies.

Fish Survey

The primary objective of the Cycle 2 fish survey will be to obtain sufficient numbers of sentinel species in both the reference and exposure areas, and then to identify mill-related changes in population parameters. Overall, the sampling requirements for the Cycle 2 fish survey were not changed after the Cycle 1 review.

For Cycle 2, mills have been encouraged to consider using small-bodied fish species as sentinel species as a potential solution to the problem of the movement of fish between exposure and reference areas, as small-bodied fish have a more limited home range. The use of lobster and crabs as sentinel species is no longer recommended, due to the lack of reliable aging techniques for these species. Instead, mills are encouraged to use finfish as their sentinel species, as they are more easily aged.

Based on the fish survey decision tree (Figure 10), not all mills will be required to conduct a fish survey. This evaluation must be done prior to each EEM cycle. For example, mills discharging to areas with high dilution (i.e., effluent is <1% within 250 m of discharge) may be required to conduct an alternative to the fish survey. However, mills would still be responsible for other components of the EEM program.

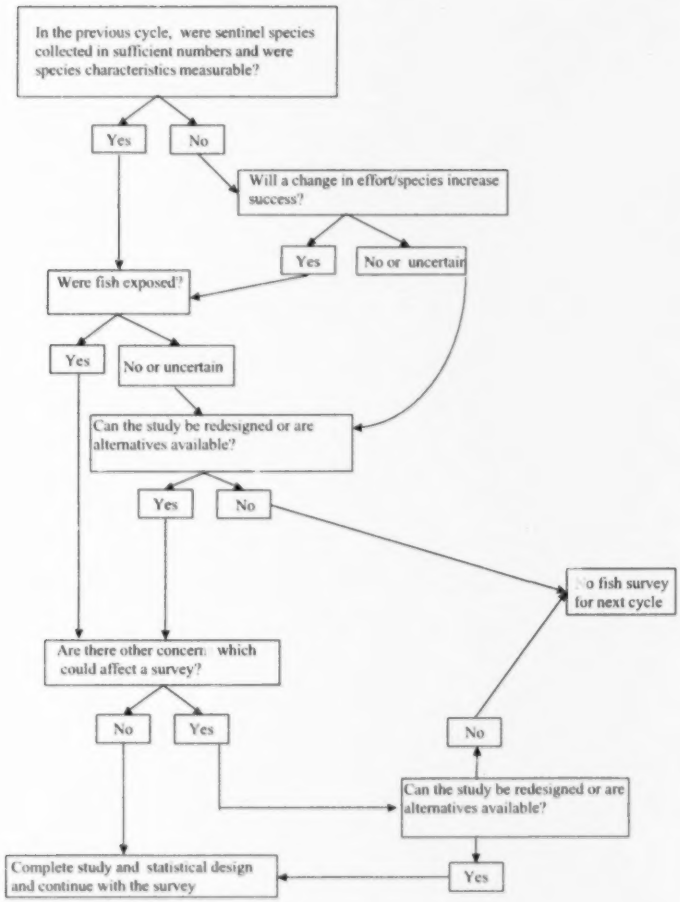

Figure 10: **Example of a fish survey decision tree used in Cycle 1**

Benthic Invertebrate Community Survey

Upon completion of the Cycle 1 review, the Benthic Invertebrate Community Expert Working Group concluded that the benthic invertebrate community survey approach was relatively successful. Some problems that the expert working group and Environment Canada regions identified include a lack of guidance provided on relating changes in the benthic invertebrate community structure to the mill effluent, overly complex statistical methods, and the need for better standardization of sampling methods.

To help distinguish whether or not an effect is mill related, the measurement of a standard set of physical and chemical attributes was proposed (see Chapter 7 of EEM 1998). The measurement of environmental attributes can help discriminate between natural and mill-related effects. There are now five sampling design options, to allow flexibility in selecting suitable reference locations.

More detail on each of these can be found in Chapter 7 of EEM (1998).

Tissue Analyses for Dioxins and Furans

During Cycle 1, all mills were able to collect samples and have them analyzed for dioxin and furan concentrations. However, with the Cycle 1 review, the Dioxin Expert Working Group identified several weaknesses in Cycle 1 process and data, particularly with the reporting of QA/QC. Nevertheless, adequate solutions were recommended to correct these in future cycles.

In order to satisfy the need for improved site specificity, a series of criteria were identified to determine whether or not tissue analyses for dioxins and furans need to be included in future cycles. For instance, mills will no longer need to conduct dioxin and furan analyses when:

- the levels of dioxins and furans in previous cycles are below consumption guidelines or there is no consumption guideline-related advisory/closure due to dioxin/furan contamination in the receiving environment of the mill; and
- the mill has been in compliance with the CEPA regulations for dioxins and furans for the preceding 12 months.

At sites where the levels of dioxins and furans hover around the consumption guideline and there are no other supporting data or programs, the regional authorization officer may require that dioxin and furan analyses be included in the next cycle of EEM.

Tainting Evaluation

The Cycle 1 review confirmed that the tainting studies conducted were inconclusive due to confounding factors and the lack of standardized sensory methodologies. Based on this review, the Usability of Resources Expert Working Group recommended that the tainting methodology be standardized, while remaining conscious that results of future tainting evaluations may continue to be inconclusive due to the numerous criteria that must be met in order to provide statistically meaningful data, and the fact that not all mills will be able to meet those criteria.

In light of this, the expert working group made several recommendations relating to triggers to commence tainting. For future cycles, mills will not be required to conduct a tainting evaluation if there is a potential human health hazard (e.g., if a closure or consumption guideline exists for that particular fish species), if there have been no documented complaints since 1992, or if the sensory evaluation from Cycle 1 demonstrated that tainting is no longer an issue. However, a tainting study is required if there has been a documented complaint of tainting since Cycle 1 or if the sensory evaluation from Cycle 1 demonstrated that tainting was an issue.

The expert working group also made the following recommendations with regards to sensory evaluation approaches and methodologies. The difference from control test was highly recommended. The main advantage of this test is that the difference in the level of tainting is easier to define and the person making the assessment is less influenced by other factors in the sample. The data collected using this method can be analyzed through standard statistical tests to determine if the level of taint is different relative to the control. Nevertheless, site-specific

requirements and objectives may dictate the supplementary use of other sensory evaluation tests, subject to good scientific practice.

Sublethal Toxicity Testing

The Toxicology Expert Working Group's review of Cycle 1 provided a unique insight into the benefits of biological effluent treatment, as sampling was conducted at several mills before and after the implementation of treatment systems. Tough secondary treatment was designed to eliminate acute lethality and reduce suspended solids and BOD; it also improved effluent quality significantly with respect to sublethal toxicity. In light of this, the expert working group recommended that all sublethal toxicity tests be conducted semi-annually for subsequent cycles for fish early life stage, invertebrate reproduction, and plant toxicity.

Some minor changes were recommended for Cycle 2 and beyond. For instance, the expert working group recommended that the duckweed (*Lemna minor*) growth inhibition test be completely eliminated from the program, due to its lack of sensitivity as demonstrated during Cycle 1. The group also recommended that the freshwater plant toxicity test be carried out on green algae (*Selenastrum capricornutum*) and that the sheepshead minnow (*Cyprinodon variegatus*), which was not used in Cycle 1, be replaced with topsmelt (*Atherinops affinis*) for the early life stage development test.

Chemical Tracers

The Cycle 1 review confirmed that the use of chemical tracers was generally unsuccessful. Consequently, the Tracer Expert Working Group proposed a number of recommendations. First and foremost, the group identified the need for more clearly defined goals for tracer use, possibly for a specific chemical or chemical group where required, and the need to establish criteria in order to determine if the goal has been met. Also, the limitations of monitoring tracers in an open environment with unrestrained organisms must be recognized in the context of the adult fish survey. Elevated concentrations of a tracer with a relatively short half-life could suggest that fish were exposed to the effluent. No defensible statement may be possible on the duration of time that the fish were in that zone because of the probability that a free-swimming fish could pass through many concentration gradients. Finally, the Tracer Expert Working Group recommended that site-specific decision-making processes be followed to provide guidance for identifying mills where the probability of achieving the desired goal is high.

More specific recommendations included using resin acids as the most promising tracer for softwood mills. Other potential tracers associated with softwood should also be examined, and tracers for hardwoods and other furnish need to be identified. The group also designed a decision tree to ensure that the decision-making process considers such factors as whether fish at the study site can be captured in a local zone with some stability in effluent concentrations, whether the mill under study uses a high percentage of softwood furnish, whether barriers separate reference and study sites, and the effluent concentrations of resin acids.

Conclusion

This report provides a national summary of the progress of the pulp and paper EEM program after the completion of Cycle 1. Although no visible trends or concrete conclusions could be drawn from Cycle 1 data, the results suggest some differences at some sites between areas exposed to mill effluent and reference areas. These data are preliminary, and further monitoring, accompanied by standardized scientific methodologies, will be required to permit more conclusive observations to be made. That said, there have been a number of improvements in the methodologies recommended for the EEM program, including improved QA/QC practices and increased flexibility to allow more site-specific monitoring. These will benefit subsequent cycles.

References

Duncan, R.K. 1998. Clear Progress. A Summary Report on the Findings of Canada's National Dioxin Sampling Program from 1989 to 1994. Ottawa: Fisheries and Oceans Canada.

EEM. 1997a. Aquatic Environmental Effects Monitoring Requirements. EEM/1997/1 (revised EPS 1/RM/18). Ottawa: Environment Canada. Downloadable in PDF format at URL <http://www3.ec.gc.ca/eem/english/ppdownloads.htm>.

EEM. 1997b. Pulp and Paper Aquatic Environmental Effects Monitoring Requirements. Annex 1 to EEM/1997/1. Ottawa: Environment Canada. Downloadable in PDF format at URL <http://www3.ec.gc.ca/eem/english/ppdownloads.htm>.

EEM. 1997c. Fish Survey Expert Working Group Report. EEM Technical Management Committee. EEM/1997/6. Ottawa: Environment Canada.

EEM. 1997d. Tracer Expert Working Group Report. EEM Technical Management Committee. EEM/1997/2 is also published as: Ali, N. et al. 1997. Exposed or Not Exposed: The Effectiveness of Using Tracers to Verify Exposure of Fish to Pulp and Paper Mill Effluent. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2162.

EEM. 1997e. Benthic Invertebrate Community Expert Working Group Report. EEM Technical Management Committee. EEM/1997/7. Ottawa: Environment Canada.

EEM. 1997f. Dioxin Expert Working Group Report. EEM Technical Management Committee. EEM/1997/3. Ottawa: Environment Canada.

EEM. 1997g. Usability of Resources Expert Working Group Report. EEM Technical Management Committee. EEM/1997/4. Ottawa: Environment Canada.

EEM. 1997h. Toxicology Expert Working Group Report. EEM Technical Management Committee. EEM/1997/5. Ottawa: Environment Canada.

EEM. 1998. Pulp and Paper Technical Guidance for Aquatic Environmental Effects Monitoring. EEM/1998/1. Ottawa: Environment Canada. Downloadable in PDF format at URL <http://www3.ec.gc.ca/eem/english/ppdownloads.htm>.

Hodson, P.V., M. McWhirther, K. Ralph, B. Gray, D. Thivierge, J. Carey, and G. Van Der Kraak. 1992. Effects of bleached kraft mill effluent on fish in the St. Maurice River, Québec. Environmental Toxicology and Chemistry 11: 1635–1651.

ISO. 1992. Sensory Analysis: Vocabulary. ISO 5492. Geneva: International Organization for Standardardization.

McMaster, M.E., G.J. Van Der Kraak, C.B. Portt, K.R. Munkittrick, P.K. Sibley, I.R. Smith, and D.G. Dixon. 1991. Changes in hepatic mixed function oxidase (MFO) activity, plasma steroid levels and age

at maturity of a white sucker (*Catostomus commersoni*) population exposed to a bleached kraft mill. Aquatic Toxicology 21: 199–218.

McMaster, M.E., C.B. Portt, K.R. Munkittrick, and D.G. Dixon. 1992. Milt characteristics, reproductive performance and larval survival and development of white sucker exposed to bleached kraft mill effluent. Ecotoxicology and Environmental Safety 23: 102–117.

Munkittrick, K.R., G.J. Van Der Kraak, M.E. McMaster, C.B. Portt, M.R. Van Den Heuval, and M.R. Servos. 1994. Survey of receiving water environmental impacts associated with discharges from pulp mills. 2. Gonad size, liver size, hepatic EROD activity and plasma sex steroid levels in white sucker. Environmental Toxicology and Chemistry 13(7): 1089–1101.

Södergren, A. 1989. Biological Effects of Bleached Pulp Mill Effluents. Final Report. Report 3558. Solna, Sweden: National Swedish Environmental Protection Board.

Further Reading

Visit the National EEM Office Website at <http://www3.ec.gc.ca/eem/>.

Agriculture and Agri-Food Canada. 1997. Profile of Production Trends and Environmental Issues in Canada's Agriculture and Agri-Food Sector. Publication 1938/E. Ottawa.

Colodey, A.G., M.E. Hagen, J.M. Boyd, and A.E. Redenbach. 1999. Pulp and Paper Environmental Effects Monitoring (1993–1996): British Columbia Cycle 1 Synopsis and Cycle 2 Changes. North Vancouver: Environment Canada.

Government of Canada. 1996. The State of Canada's Environment — 1996. Ottawa: Environment Canada. Available on the Internet at URL <http://www1.ec.gc.ca/~soer/SOE/default_e.htm>.

Humphrey, S. and N. Ali. 1997. Environmental Effects Monitoring at Twenty-Seven Pulp and Paper Mills in Ontario. Synthesis of Cycle One Study Results and Recommendations for Cycle Two. Downsview: Environment Canada.

Langlois, C. and N. Dubuc. 1999. Pulp and Paper Environmental Effects Monitoring (EEM): Results Synthesis for the 47 Cycle 1 Studies Conducted in Québec. Québec: Environment Canada.

Lowell, R.B. 1997. Discussion Paper on Critical Effect Size Guidelines for EEM Using Benthic Invertebrate Communities. Report to the Environmental Effects Monitoring Program. Ottawa: Environment Canada.

Parker, R. and N. Smith. 1997. A Synopsis of the First Cycle of the Pulp and Paper Mill Environmental Effects Monitoring Program in the Atlantic Region. Dartmouth: Environment Canada.

Glossary

Benthic invertebrate: animal without vertebrae living at the bottom substrate (sediments, debris, logs, macrophytes) of aquatic habitats (ocean, sea, lake, river, stream) for at least part of its life cycle.

Benthivore: for the purposes of EEM, benthivores are fish that feed on benthic organisms.

Composite sample: the pooling of individually collected samples into one homogenous sample for analytical purposes.

Difference from control test: a sensory evaluation ("tainting") test whereby samples (e.g., fish) have been exposed to effluent under either field or laboratory conditions and blind (hidden) control samples are compared with an identified control sample. The assessment of the presence of a difference based on a specified characteristic (i.e., taint) and the degree of that difference is made using a standard sensory evaluation ballot.

Dioxins and furans: complex chemical substances that contain chlorine, carbon, and oxygen elements. Often the by-products of several industrial processes, they are among the most toxic and persistent chemical substances.

Effect: a statistically significant difference between measurements taken from an exposure area and measurements taken from a reference area with respect to fish or benthic invertebrates. In cases where it is not feasible to examine wild fish or natural benthic invertebrates at sites exposed to effluent and reference sites, a site-specific alternative indicator for fish or fish habitat may be used to determine if the effluent is causing an effect.

Endpoint: the variable (e.g., time, reaction of the organisms, etc.) that indicates the termination of a test; also, a measurement or value derived that characterizes the results of the test.

Exposure area: the area of the aquatic environment exposed to pulp and paper effluent.

Furans: See *Dioxins and furans.*

Gonad: the fish reproductive organ; an ovary or testis.

IC_{25}: a point estimate of the concentration of test material that causes a 25% reduction in a quantitative biological measurement, such as growth of fish.

Neoplasms: abnormal new growths of tissue; tumours.

Percent volume-to-volume (% v/v): percentage of effluent in the final test solution.

Reference area: an area not exposed to effluent that has natural habitat features that are as

similar as possible to those of the exposure area.

Sentinel species: species selected as part of the fish population survey, which are sampled to determine whether there are effects on fish.

Study area: comprises all areas where EEM is conducted (reference and exposure areas).

Sublethal: detrimental to the organism, but below the level that directly causes death within the test period.

Sublethal toxicity test: for EEM purposes, a test that usually measures the proportion of organisms affected by their exposure to specific concentrations of chemical, effluent, leachate, or receiving water.

Toxicity: the inherent potential or capacity of a material to act on a group of selected organisms, under defined conditions.

Programme d'étude de suivi des effets sur l'environnement - Pâtes et papiers

Rapport d'étape national
Premier cycle (1993–1996)

Préparé par
le Bureau national de l'ESEE
Environnement Canada

Avril 2000

Table des matières

Préface ____ *iv*

Introduction ____ *1*

Aperçu du secteur des pâtes et papiers au Canada ____ *5*

Aperçu du premier cycle d'études de suivi des effets sur l'environnement ____ *6*

Pré-conception ____ **6**

Conception de l'étude ____ **6**

a) Étude des poissons ____ 7
b) Évaluation de la communauté d'invertébrés benthiques ____ 8
c) Analyses des dioxines et des furanes dans les tissus ____ 8
d) Évaluation de l'altération ____ 8
e) Essais de toxicité sublétale ____ 9
f) Traceurs chimiques ____ 9

Étude des poissons ____ **10**

Essais de toxicité sublétale ____ **15**

Traceurs chimiques ____ **16**

Modification du programme d'ESEE — deuxième cycle et étapes suivantes ____ *17*

Étude des poissons ____ **18**

Évaluation de la communauté d'invertébrés benthiques ____ **19**

Analyses des dioxines et des furanes dans les tissus ____ **20**

Évaluation de l'altération ____ **20**

Essais de toxicité sublétale ____ **21**

Traceurs chimiques ____ **21**

Conclusion ____ *22*

Références ____ *22*

Lectures complémentaires ____ *23*

Glossaire ____ *25*

Liste des figures

Figure 1 : Rejets de matières exerçant une DBO et de matières totales en suspension (MTS), par unité de production, de 1968 à 1996 3
Figure 2 : Rejets de dioxines et de furanes des usines canadiennes de pâtes et de papiers, entre 1988 et 1996 (ET = équivalents toxiques) 3
Figure 3 : Séquence d'événements dans les ESEE propres à des sites 4
Figure 4 : Localisation des usines de pâtes et de papiers qui ont participé à l'ESEE du premier cycle (EEM, 1997e) 5
Figure 5 : Pourcentage de populations de poissons femelles montrant des différences statistiques importantes dans le poids du foie, entre les zones d'exposition et de référence, durant le premier cycle (modifié par rapport à EEM, 1997c) 11
Figure 6 : Pourcentage de populations de poissons femelles montrant des différences statistiques importantes dans le poids des gonades, entre les zones d'exposition et de référence, durant le premier cycle (modifié par rapport à EEM, 1997c) 12
Figure 7 : Effets de l'exposition de la communauté d'invertébrés benthiques à l'effluent des usines, en fonction des différences dans la richesse et l'abondance entre les sites d'exposition et les sites de référence, et selon que les différences sont attribuables ou non à des facteurs de confusion - premier cycle (modifié par rapport à EEM, 1997e) 13
Figure 8 : Valeurs normalisées en équivalents toxiques (ET) des dioxines et des furanes dans les tissus de poisson consommables - premier cycle. NB = Nouveau-Brunswick, NS = Nouvelle-Écosse, ON = Ontario, PQ = Québec, AB = Alberta, BC = Colombie-Britannique (modifié par rapport à EEM, 1997f) 14
Figure 9 : Comparaison entre le traitement primaire et le traitement secondaire, pour les données de toxicité létale provenant des essais de reproduction sur *Ceriodaphnia dubia* - premier cycle de l'ESEE du secteur des pâtes et papiers (modifié par rapport à EEM, 1997h) 16
Figure 10 : Exemple d'un arbre de décision utilisé durant le premier cycle pour l'étude des poissons 19

Liste des tableaux

Tableau 1 : Méthodes d'essai de toxicité sublétale utilisées durant le premier cycle de l'ESEE des pâtes et papiers 9

Préface

En 1992, le *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et de papiers* (REFPP), adopté en 1971 et relevant de la *Loi sur les pêches* (qu'on peut consulter sur l'Internet à l'adresse <http://canada.justice.gc.ca/FTP/EN/Regs/Chap/F/F-14/DORS92-269.txt>), a été modifié afin d'imposer, en matière de rejet d'effluents, des limites plus strictes fondées sur des critères de qualité de l'eau et une technologie de limitation de la pollution. Même s'il est admis que des limites plus strictes à cet égard permettraient de protéger davantage l'environnement, on a aussi reconnu que ces mesures, à elles seules, n'étaient pas suffisantes pour préserver l'écosystème aquatique de chaque site. Le programme d'étude de suivi des effets sur l'environnement (ESEE) a donc été mis sur pied et appliqué dans toutes les usines de pâtes et papiers (et dans les installations extérieures de traitement) du Canada, comme le prescrivaient les articles 28 à 35 du *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et de papiers*. L'ESEE vise à évaluer les effets de l'effluent sur les poissons, leur habitat et la consommation humaine du poisson. Cette information servira à évaluer si le règlement suffit à protéger les poissons, leur habitat et l'exploitation humaine des ressources halieutiques afin d'en assurer une gestion, une conservation et une protection adéquates.

Ce rapport est le premier d'une série qui servira à résumer les résultats du programme d'ESEE, à les étudier dans une perspective nationale et à dégager toutes les tendances nationales qui se sont manifestées depuis la mise en vigueur du *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et de papiers*. Il présente un examen préliminaire du premier cycle du programme d'ESEE destiné au secteur des pâtes et papiers. Les données présentées dans ce rapport ne représentent pas des conclusions définitives du point de vue statistique, pas plus que le rapport ne donne une évaluation complète des données réunies à ce jour.

Introduction

Le présent rapport vise à résumer les résultats du premier cycle du programme d'étude de suivi des effets sur l'environnement (ESEE) dans le secteur des pâtes et papiers (c.-à-d. tendances, problèmes) et à présenter les modifications apportées au programme, à la suite de ces résultats.

L'ESEE est un mécanisme scientifique qui permet de produire de l'information sur :

- la santé des écosystèmes aquatiques susceptibles d'être perturbés par l'activité humaine;
- l'efficacité des mesures de protection de l'environnement (p. ex., le *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et de papiers*).

L'ESEE ne constitue pas seulement une évaluation en fin de cycle des rejets industriels, mais aussi une approche itérative de gestion et de surveillance. En se basant sur des lignes directrices nationales, sur les besoins de chaque site et sur la technologie la plus récente, on effectue des évaluations scientifiques, notamment des études sur les populations de poissons, dans le milieu récepteur local.

Le programme d'ESEE résulte des bonnes relations avec le secteur des pâtes et papiers et d'autres intervenants. Au cours de l'examen scientifique du premier cycle, on a mis sur pied des groupes de travail composés d'experts et on leur a confié des mandats précis. Leurs recommandations ont été étudiées, et les exigences du programme d'ESEE ont été modifiées de manière à améliorer le programme. Le secteur des pâtes et papiers est le premier à avoir entrepris activement un programme national d'ESEE, qui a été couronné de succès. Un processus multipartite a servi à la conception d'un programme d'ESEE destiné au secteur de l'exploitation des mines de métaux, dont la mise en oeuvre débutera bientôt.

Le programme d'ESEE servira à évaluer si le *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et de papiers* est suffisant en se basant sur l'ampleur et l'étendue géographique des effets qui s'exercent, le cas échéant, sur le milieu récepteur voisin des usines. Ces effets peuvent affecter l'état de santé des poissons (effets mesurés par des études des populations de poisson), perturber l'habitat des poissons (effets mesurés par des études sur la communauté d'invertébrés benthiques) et entraîner l'accumulation de contaminants chez les poissons à des concentrations qui sont préoccupantes pour la santé humaine.

Le programme d'ESEE du secteur des pâtes et papiers est organisé en fonction d'une séquence d'étapes de surveillance et d'interprétation, d'une durée de trois ans, qu'on appelle des « cycles ». Au début de chaque cycle, toutes les usines, conseillées par les hauts fonctionnaires régionaux d'Environnement Canada, élaborent un programme de suivi adapté à leur site. À la fin du cycle, chaque usine doit soumettre, à son représentant régional d'Environnement Canada, un rapport d'interprétation résumant ses travaux de suivi et leurs résultats. En se basant sur l'évaluation du cycle précédent, les usines doivent ensuite réviser et perfectionner leur programme de suivi pour les cycles ultérieurs.

Le premier cycle visait à produire des données de référence qui serviraient de point de comparaison pour les données des cycles ultérieurs. Comme tels, les cycles de l'ESEE ne

fournissent pas, à eux seuls, l'information nécessaire pour déterminer l'à-propos et l'efficacité du règlement actuel. Pour parvenir à des conclusions informées, défendables et crédibles au point de vue scientifique, une telle évaluation nécessite plutôt d'accumuler des données durant plusieurs cycles.

Les rejets d'effluent du secteur des pâtes et papiers ont été réglementés, pour la première fois, par l'adoption en 1971 du *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et de papiers,* qui relève de la *Loi sur les pêches*. Les figures 1 et 2 illustrent le fait que ce règlement a réussi à améliorer la qualité de l'effluent. La figure 1 montre les rejets de matières exerçant une demande biochimique d'oxygène (DBO) et de matières totales en suspension (MTS), par unité de production, au cours du temps. La DBO représente le potentiel des matières dissoutes et en suspension dans les effluents de réduire l'oxygène des eaux réceptrices lorsque ces matières sont consommées par des microorganismes, pouvant ainsi causer l'asphyxie d'organismes aquatiques. Les matières totales en suspension correspondent à la quantité de matières solides en suspension qui peuvent se déposer au fond des cours d'eau et perturber les formes de vie aquatiques. La figure 2 montre les rejets de dioxines et de furanes au cours du temps. Ces composés proviennent du procédé de blanchiment au chlore qui, ces dernières années, a été éliminé ou remplacé dans la plupart des usines de pâtes et de papiers.

Les données illustrées par la figure 1 montrent que les concentrations de matières exerçant une DBO sont neuf fois moindres, et celles de matières totales en suspension, trois fois moindres qu'avant l'entrée en vigueur du règlement (1971). De même, la figure 2 montre une baisse marquée des concentrations de dioxines et de furanes, entre 1988 et 1996. Malgré ces améliorations majeures apportées à la qualité de l'effluent, il reste à démontrer des améliorations semblables dans le milieu récepteur. Par conséquent, les modifications apportées en 1992 au REFPP ont eu pour effet d'imposer l'ajout d'un programme « d'étude du suivi des effets sur l'environnement ».

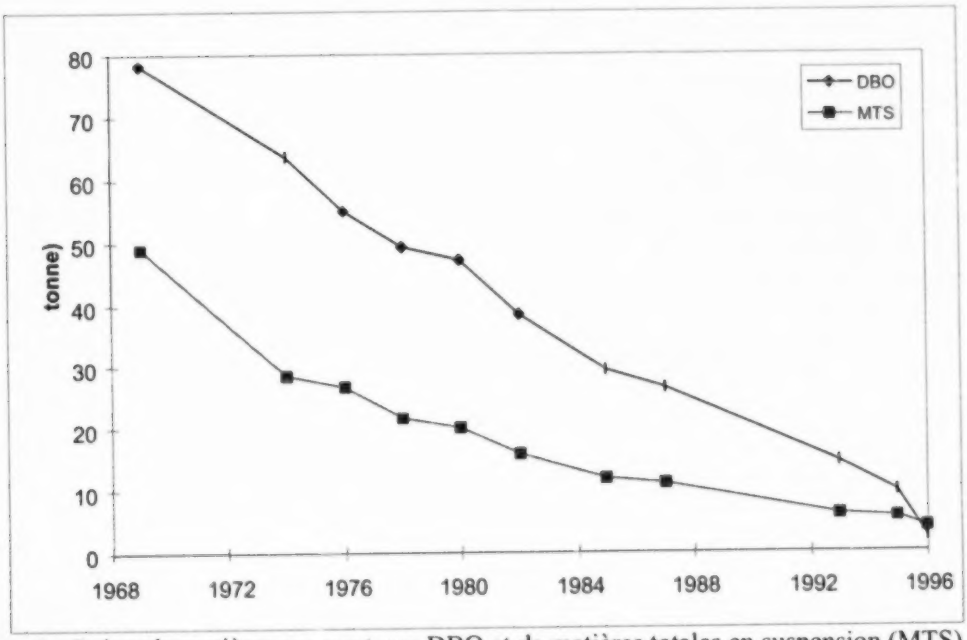

Figure 1 : Rejets de matières exerçant une DBO et de matières totales en suspension (MTS), par unité de production, de 1968 à 1996

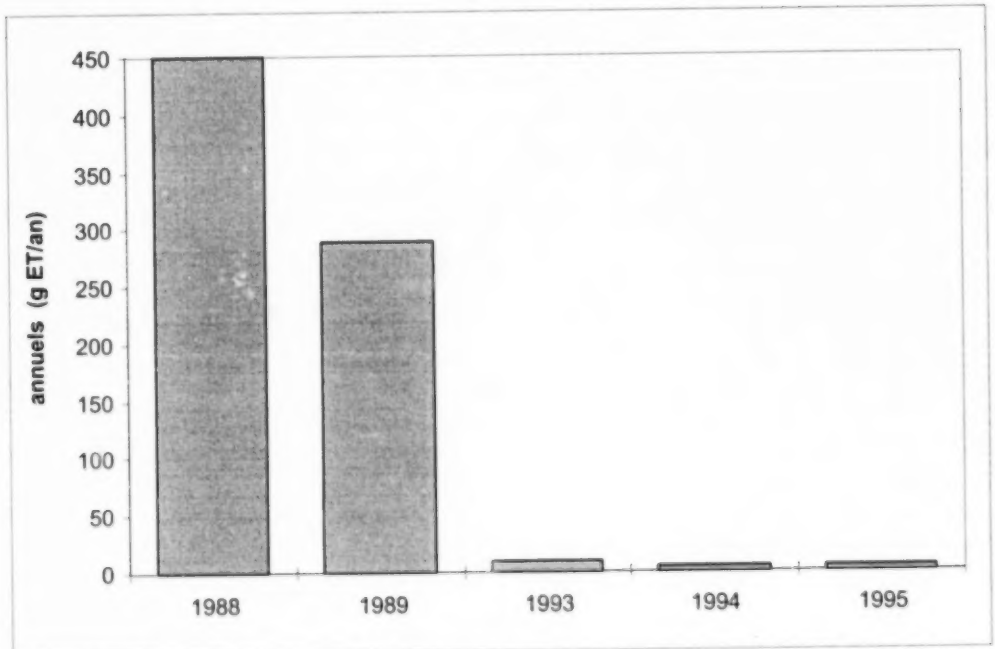

Figure 2 : Rejets de dioxines et de furanes des usines canadiennes de pâtes et de papiers, entre 1988 et 1996 (ET = équivalents toxiques)

Le programme d'ESEE peut exiger l'inclusion des éléments suivants :

- une étude des poissons (p. ex., analyser la croissance et la reproduction de deux espèces sentinelles);
- une étude de la communauté d'invertébrés benthiques (p. ex., mesurer l'abondance et la diversité des invertébrés);
- une évaluation de l'altération (évaluation du potentiel d'utilisation des ressources halieutiques);
- une étude des dioxines et des furanes contenus dans les tissus des poissons consommables;
- une étude avec traceurs;
- des essais de toxicité sublétale.

La figure 3 donne un aperçu de la séquence des étapes de l'ESEE. On aura plus de détails sur chaque élément du programme en consultant l'ESEE (1997a-h, 1998).

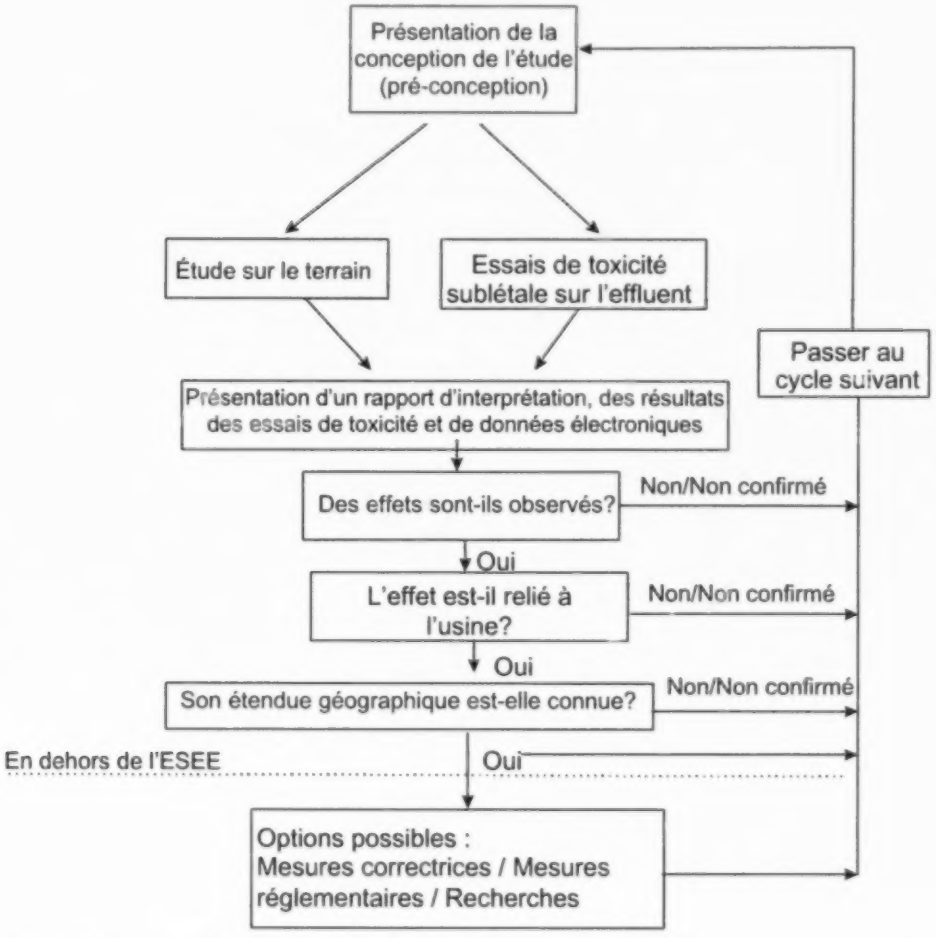

Figure 3 : Séquence d'événements dans les ESEE propres à des sites

Après la présentation des rapports du premier cycle, six groupes de travail d'experts composés de représentants du gouvernement et du secteur des pâtes et papiers ont été mis sur pied, en 1996, afin de revoir les résultats du premier cycle, de cerner les problèmes techniques posés par le programme et de recommander des modifications à apporter au programme pour les cycles suivants. Ces évaluations et recommandations ont permis d'améliorer le programme d'ESEE.

Veuillez consulter le glossaire fourni à la fin de ce rapport pour les définitions des termes techniques.

Aperçu du secteur des pâtes et papiers au Canada

Durant le premier cycle, 131 usines canadiennes étaient assujetties au nouveau *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et de papiers* et devaient effectuer des ESEE. Le présent rapport est consacré aux 129 usines qui ont terminé leurs études avant le 31 mars 1996. Durant le premier cycle, 94 usines ont rejeté des effluents dans des milieux d'eau douce, notamment des ruisseaux, des rivières, des lacs, des réservoirs et un chenal; 20 usines ont rejeté leurs effluents dans un milieu marin et 15 usines dans des milieux estuariens ou des fleuves se déversant dans un estuaire (voir la figure 4). Quarante-cinq de ces usines utilisent ou ont utilisé le blanchiment au chlore comme procédé de fabrication.

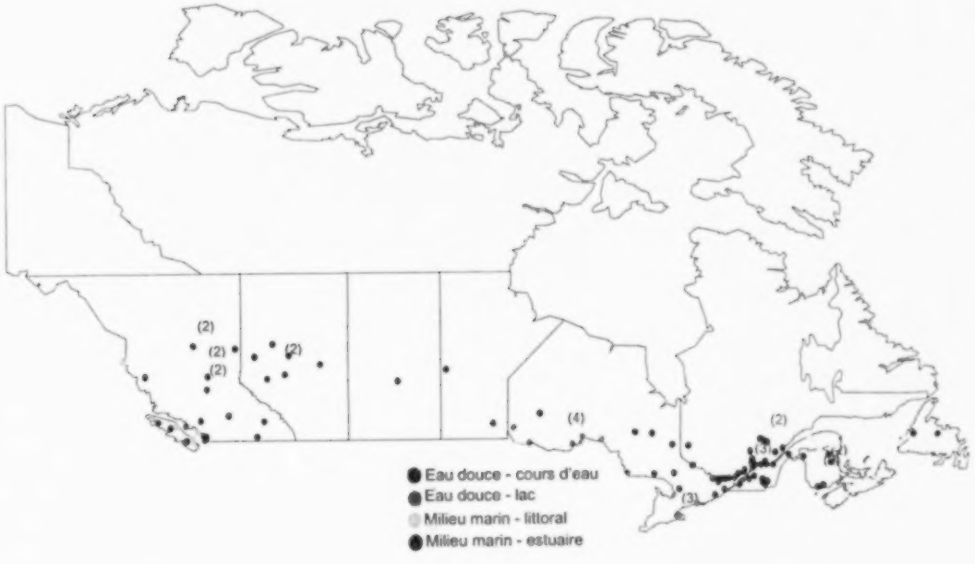

Figure 4 : Localisation des usines de pâtes et de papiers qui ont participé à l'ESEE du premier cycle (EEM, 1997e)

À la suite de certaines études menées conjointement par des usines, 115 études d'ESEE ont été effectuées durant le premier cycle.

Aperçu du premier cycle d'études de suivi des effets sur l'environnement

Au début du premier cycle, les usines ont étudié les données chimiques et biologiques existantes et ont conçu et mis en oeuvre des études de surveillance. Elles ont basé la conception de ces études sur des guides nationaux de manière à assurer l'uniformité de l'analyse et la collecte des données. Ce cycle visait à créer un point de référence auquel on pourrait comparer les prochains cycles, et à évaluer la variabilité dans les sites ainsi que la validité des méthodologies utilisées pour l'ESEE. Des cycles successifs permettront d'évaluer l'évolution temporelle de l'ampleur ou de l'étendue géographique des effets sur le poisson, sur son habitat ou sur l'utilisation des ressources halieutiques.

Pré-conception

Le premier cycle exigeait d'effectuer une pré-conception. Cette étape préliminaire n'est exigée qu'une seule fois pour le programme d'ESEE, à condition que les procédés utilisés par l'usine, la charge d'effluent et le milieu récepteur n'aient pas changé au cours du temps. À plus long terme, l'information obtenue lors de la pré-conception donne une image du milieu tel qu'il était avant le premier cycle. L'information demandée dans le cadre de la pré-conception est la suivante (ESEE 1998) :

- information concernant les procédés utilisés par une usine et la qualité de son effluent;
- délimitation de l'étendue géographique du domaine d'étude, incluant la zone d'exposition et des zones de référence représentatives;
- inventaire et cartes de l'habitat halieutique;
- abondance relative du poisson dans la zone d'étude en vue du choix de deux espèces sentinelles;
- description des données historiques du milieu récepteur et des données de surveillance recueillies pour des fins autres que l'ESEE;
- documentation sur tous les facteurs de confusion potentiels à prendre en considération dans la conception de l'étude et l'interprétation des résultats;
- données sur l'usine ou l'installation extérieure de traitement, y compris sur les procédés et changements de procédé, les changements dans l'effluent, le traitement de l'effluent ainsi que les déversements;
- sommaire de l'information tirée de toutes les activités précédentes de recherche et de surveillance qui est pertinente aux exigences susmentionnées touchant la pré-conception.

Conception de l'étude

Au début de chaque cycle, les usines doivent soumettre un document de conception de l'étude qui contient les renseignements suivants :

- un échéancier établissant le calendrier d'exécution de l'étude;

- une description des buts, des attentes et des justifications du programme de suivi sur le terrain;
- une description des critères statistiques de conception, des hypothèses et des méthodes statistiques;
- une description des endroits où sera effectué l'échantillonnage, de ce qui sera mesuré ainsi que la fréquence du suivi;
- une description exhaustive des méthodologies sur le terrain et en laboratoire, des procédures d'assurance ou de contrôle de la qualité (AQ/CQ) et des analyses des données;
- une description des autres analyses de terrain, notamment des études des poissons, du milieu benthique et des effets potentiels de l'effluent sur les ressources halieutiques.

La conception de l'étude se fait souvent à partir l'information concernant le milieu entourant l'usine, information qui a été obtenue lors de la pré-conception.

a) Étude des poissons

L'étude des poissons, qui fait partie de l'ESEE, permet d'évaluer les différences entre les populations de poisson capturées dans les zones d'exposition et de référence. Selon la définition de la *Loi sur les pêches*, le « poisson » englobe les poissons, les mollusques et les crustacés. Durant le premier cycle, on exigeait des usines qu'elles prélèvent, dans le cadre de leur étude, deux sortes de poissons sentinelles, dont l'une doit être benthivore. Il fallait un minimum de 20 mâles adultes et de 20 femelles adultes dans chaque zone d'échantillonnage. Les principaux critères servant à choisir les espèces sentinelles étaient les suivants :

- les poissons étaient abondants dans la zone d'étude;
- ils étaient exposés à l'effluent (ce qui exclut les poissons prélevés dans la zone de référence);
- les caractéristiques liées à la croissance et à la reproduction des poissons pouvaient être mesurées.

Dans la conception de l'étude des poissons de l'ESEE, on prenait pour acquis que la croissance, la reproduction et la survie sont parmi les caractéristiques les plus importantes à protéger chez le poisson. Les études sur les populations de poissons fournissent un moyen économique de mesurer ces éléments. Dans le passé, les études qui ont servi à examiner les effets des effluent du secteur des pâtes et papiers sur les populations de poissons ont donné des résultats cohérents, soit un retard dans la maturité sexuelle, une diminution de la taille des gonades et de la longueur corporelle, une augmentation de la grosseur du foie et du coefficient de condition (Södergren, 1989; McMaster *et al.*, 1991, 1992; Hodson *et al.*, 1992; Munkittrick *et al.*, 1994).

Les mesures terminales choisies pour étudier les caractéristiques de la population étaient la longueur, le poids corporel, le poids des gonades, la fécondité, le poids du foie/hépatopancréas, le sexe et l'âge du poisson. L'examen externe de sa condition a également été pris en note, y compris la présence de tumeurs, de néoplasmes et de lésions de la peau ou du foie. Le poids des gonades a été choisi comme l'un des paramètres permettant de déceler un effet puisque, dans le programme d'ESEE, la reproduction est considérée comme une mesure terminale clé de l'évaluation. Une réduction de la taille des gonades indique que le poisson dépense peut-être de l'énergie à des fins autres que la reproduction. De la même façon, une augmentation de la grosseur du foie peut indiquer que le poisson exposé s'adapte en augmentant sa capacité de

détoxifier les contaminants ou consacre plus d'énergie à leur stockage, aux dépens peut-être de sa croissance ou de sa reproduction.

b) Évaluation de la communauté d'invertébrés benthiques
Durant le premier cycle de l'évaluation de la communauté d'invertébrés benthiques, il fallait recourir à deux méthodes d'échantillonnage : l'échantillonnage extensif et l'échantillonnage intensif. Le premier, qui a servi à déterminer l'étendue de la variation naturelle dans les principales classes d'habitat dans les zones de référence et d'exposition, était nécessaire lorsqu'on manquait de données historiques pour être en mesure de choisir des zones de référence proches ou éloignées. Inversement, si on manquait de données historiques sur les profils spatiaux de la communauté d'invertébrés pour déterminer les diverses zones d'échantillonnage, on pouvait alors effectuer un échantillonnage intensif qui permettait de comparer la communauté d'invertébrés de la zone rapprochée et de la zone éloignée.

c) Analyses des dioxines et des furanes dans les tissus
Pour le premier cycle, on a demandé aux usines utilisant actuellement ou ayant utilisé le procédé de blanchiment au chlore d'analyser les tissus des parties consommables des poissons afin de déterminer s'ils contenaient des congénères chlorés de la dioxine et du furane. Cette analyse a été intégrée au programme d'ESEE afin d'évaluer les effets exercés par les effluents des pâtes et papiers sur l'exploitation des ressources halieutiques. Les espèces et les tissus choisis à des fins d'analyse l'ont été de manière à fournir un échantillon composite d'une espèce sportive ou récréative importante.

d) Évaluation de l'altération
Le poisson altéré est décrit comme « tout poisson présentant une odeur ou une saveur anormale » (ISO, 1992). Au sens de cette définition, l'odeur ou le goût anormal vient de sources externes au poisson et ne provient pas de la détérioration du poisson durant l'entreposage, de la décomposition des protéines, des graisses ou d'autres éléments ou encore de la contamination microbienne naturellement présente dans le poisson (ESEE, 1998).

Pour le premier cycle, une évaluation de l'altération était nécessaire dans des usines qui avaient déjà fait l'objet de plaintes à ce sujet. Six usines (trois en Colombie-Britannique, deux en Alberta et une en Nouvelle-Écosse) ont effectué une évaluation de l'altération. Les différences entre les procédures d'essai utilisées par ces six usines consistaient dans le choix de l'espèce de poisson, la préparation et la conservation des échantillons ainsi que les techniques d'évaluation sensorielle. Le test en triangle (six échantillons — le premier groupe contient deux échantillons témoins et un d'essai; le second groupe contient deux échantillons d'essai et un échantillon témoin) a été la technique d'évaluation la plus fréquente. Les tests de préférence et de différence par rapport au témoin ont aussi été utilisés dans certains cas.

e) Essais de toxicité sublétale

Les essais de toxicité de l'effluent constituent une autre étape du cycle d'ESEE et consistent à exposer en laboratoire des organismes à une série de dilutions de l'effluent. Dans le cadre du programme d'ESEE, les essais de toxicité sublétale se justifient par les raisons suivantes :

- contribuer au programme d'évaluation sur le terrain en complétant et renforçant par des analyses de laboratoire les données obtenues sur le terrain;
- comparer la qualité des effluents de procédé selon le type d'usine et mesurer les différences à cet égard attribuables à des changements apportés au traitement des effluents et aux procédés;
- aider à mieux comprendre la contribution relative de l'usine en présence de rejets multiples.

Les essais de toxicité sublétale qui ont été utilisés durant le premier cycle sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Méthodes d'essai de toxicité sublétale utilisées durant le premier cycle de l'ESEE des pâtes et papiers

Essai	**Milieu récepteur**	**Espèce utilisée**
Premiers stades de développement des poissons	Eau de mer	Capucette (*Menidia beryllina*) ou méné tête-de-mouton *(Cyprinodon variegatus)*
	Eau douce	Tête-de-boule (*Pimephales promelas*) ou une espèce de salmonidé
Reproduction des invertébrés	Eau de mer	Échinides (oursins verts ou oursins plats)
	Eau douce	Daphnie (*Ceriodaphnia dubia*)
Toxicité pour les plantes	Eau de mer	Algue (*Champia parvula)*
	Eau douce	Algue verte (*Selenastrum capricornutum)* ou lenticule mineure (*Lemna minor*)

f) Traceurs chimiques

Afin de vérifier que le poisson a été exposé à l'effluent dans la zone d'exposition et qu'il ne l'a pas été dans les zones de référence, les usines doivent effectuer des études au moyen de traceurs chimiques. En mesurant un traceur d'effluent dans le poisson prélevé, elles sont en mesure, dans le cadre de l'étude des poissons, de confirmer l'exposition du poisson à la phase liquide de l'effluent dans le milieu récepteur. Pour le premier cycle, des composés comme les dioxines et les furanes chlorés, les acides résiniques et gras ainsi que les phénols chlorés ont été recommandés pour leur potentiel en tant que traceurs de l'effluent pouvant s'accumuler dans les poissons. Les usines disposaient cependant d'un encadrement technique fort limité en matière de procédures. Soixante-dix sept usines ont toutefois étayé leurs études des poissons au moyen de données chimiques provenant de traceurs, tandis que les autres étaient exemptées de cette obligation à cause d'obstacles comme des barrages séparant les sites d'exposition et de référence ou de

conditions locales qui empêchaient de prélever des échantillons d'une manière convenant à l'objectif visé.

Résultats et tendances du premier cycle

Étude des poissons

Durant le premier cycle, l'étude des poissons visait à réunir des données de base en vue de la conception des cycles ultérieurs, notamment des données permettant :

- d'estimer la variabilité des populations de poisson, de comprendre l'écart de valeurs qu'on trouve dans une population « normale »;
- de déterminer les succès de capture et la pertinence des espèces sentinelles choisies;
- d'évaluer la pertinence des zones de référence choisies.

Les résultats de l'étude des poissons du premier cycle ont révélé certains problèmes au niveau de la conception de l'échantillonnage, d'où il s'ensuit qu'on a eu de la difficulté à réaliser l'objectif de déterminer la variabilité dans les paramètres mesurés. La capture des espèces sentinelles a connu peu de succès et a constitué l'un des principaux problèmes rencontrés au cours du premier cycle. Dans 92 % des usines, on n'a pas réussi à capturer les quantités minimales requises de poissons des deux sexes dans les deux espèces sentinelles. En raison de la sélection de traceurs inadéquats, de variations dans les techniques d'analyse et de l'échantillonnage d'espèces très mobiles, il a aussi été difficile de déterminer dans certains cas si les poissons avaient effectivement été exposés à l'effluent de l'usine. Le choix de sites de référence impropres a compliqué les comparaisons entre les zones de référence et d'exposition.

Les objectifs d'évaluation de la pertinence des espèces sentinelles, du succès de capture et des sites de référence ont été atteints. Parmi les problèmes les plus courants, on a généralement constaté qu'on a capturé des poissons immatures ou qu'on a eu affaire à des espèces migratrices. Les poissons qui pondent plus d'une fois par année ont posé un problème additionnel aux usines qui rejettent des effluents dans l'eau douce. Les usines dont l'effluent se déverse dans le milieu marin ou estuarien ont éprouvé un autre problème, à savoir qu'elles ne pouvaient déterminer avec certitude l'âge des espèces sentinelles. On dispose maintenant de données de base qui permettront, lors des cycles ultérieurs, de choisir de meilleures espèces sentinelles, des méthodes d'échantillonnage plus adéquates ainsi que des sites de référence plus appropriés.

Après l'évaluation des données du premier cycle, le groupe d'experts de l'étude des poissons a déterminé qu'un effet important pouvait se définir par une différence de grosseur des gonades de 25 % ou plus entre les poissons des zones de référence et d'exposition. L'étude doit être conçue de manière à ce que la taille de l'échantillon soit suffisamment grande pour donner une bonne probabilité de détecter un effet d'une telle ampleur. En outre, les données provenant d'autres études canadiennes (Munkittrick *et al.*, 1994) et suédoises (Södergren, 1989) sur des usines confirment le choix d'une différence de 25 % ou plus dans le poids des gonades. Par ailleurs, on est en train d'élaborer des indicateurs faisant appel à d'autres paramètres physiques. Il faudra

effectuer ultérieurement de nouvelles analyses des données sur le poisson, pour examiner en rétrospective la pertinence du choix de la grosseur des gonades comme effet critique.

Même si le premier cycle n'était pas destiné à produire des conclusions, certaines observations très générales peuvent être dégagées des données provenant de l'étude des poissons. On a constaté une légère augmentation du poids du foie pour environ 18 % des populations de poissons femelles exposées et une légère diminution pour 8 % d'entre elles. Dans l'ensemble, la plus grande partie des données recueillies sur les poissons a montré que le foie ne présentait aucune différence de poids (figure 5). Des observations semblables ont été effectuées pour les populations de poissons femelles en ce qui concerne les différences de poids des gonades : le poids des gonades a diminué pour 15 % de la population et augmenté pour environ 8 % de la population. Les données montrent encore que pour la plus grande partie de l'échantillon, il n'y avait pas de différences dans le poids des gonades (figure 6).

Dans une étape subséquente, il faudra analyser plus en détails les données, en fonction de l'espèce, du sexe et de la zone d'échantillonnage afin d'étudier de façon plus minutieuse et plus approfondie les effets exercés sur le poisson par ces usines.

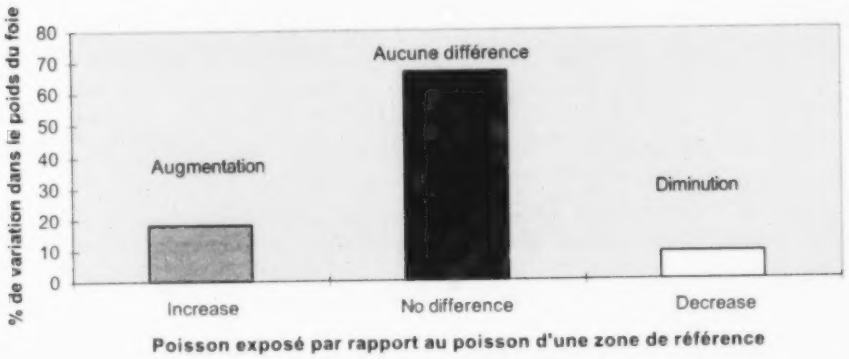

Figure 5 : Pourcentage de populations de poissons femelles montrant des différences statistiques importantes dans le poids du foie, entre les zones d'exposition et de référence, durant le premier cycle (modifié par rapport à EEM, 1997c)

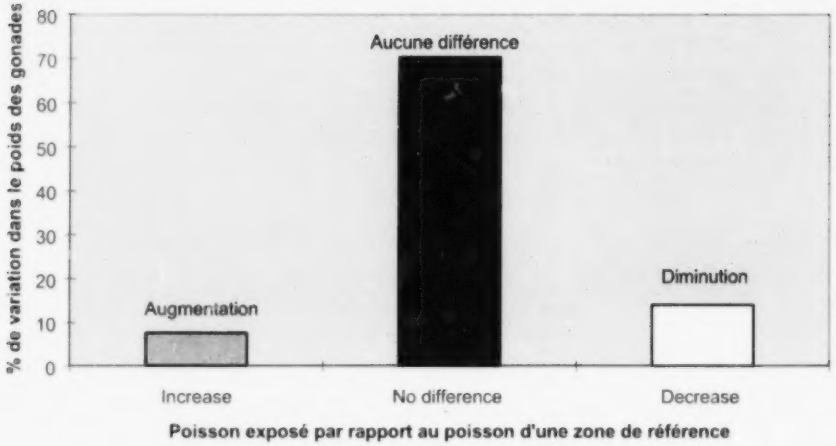

Figure 6 : Pourcentage de populations de poissons femelles montrant des différences statistiques importantes dans le poids des gonades, entre les zones d'exposition et de référence, durant le premier cycle (modifié par rapport à EEM, 1997c)

Évaluation de la communauté d'invertébrés benthiques

L'évaluation de la communauté d'invertébrés benthiques sert à examiner les différences structurelles (p. ex., abondance, diversité) que présente la communauté d'invertébrés benthiques dans les zones exposées aux effluents d'une usine de pâtes et de papiers. Des variations de l'abondance et(ou) de la diversité des invertébrés benthiques donneront une indication de la détérioration de l'habitat causée par l'enrichissement organique et d'autres formes de contamination physique et chimique.

Afin de considérer les données relatives aux invertébrés benthiques dans une perspective nationale, on a trié les résultats des études d'échantillonnage intensif et extensif en trois catégories générales : celle où il n'y a aucune différence entre la communauté d'invertébrés benthiques des zones d'exposition et de référence; celle où il y a des différences (soit de diversité soit d'abondance) avec des facteurs de confusion; et celle où il y a des différences, mais sans facteurs de confusion (figure 7). Parmi les facteurs de confusion, on compte les rejets multiples et des différences d'habitat entre les zones de référence et d'exposition.

Des observations assez générales ont été faites à partir des données du premier cycle. Par exemple, dans le cas les 112 usines qui ont été étudiées par le groupe d'experts de l'évaluation de la communauté d'invertébrés benthiques, 69 % des études ont montré des différences dans la richesse et(ou) l'abondance des espèces entre les sites d'exposition et de référence. Dans 28 % seulement de ces 77 études, on a pu relier ces différences à l'effluent (EEM, 1997e). On ne disposait pas de renseignements suffisants pour être en mesure de définir l'ampleur et l'étendue géographique de ces effets.

Le groupe d'experts de l'évaluation de la communauté d'invertébrés benthiques a fait remarquer que diverses méthodes d'échantillonnage ont été utilisées durant le premier cycle. Il s'ensuit qu'il est difficile d'effectuer une évaluation nationale ou régionale de la performance environnementale des usines (EEM, 1997e). Les résultats du premier cycle donnent plutôt un aperçu schématique des effets exercés sur la communauté d'invertébrés benthiques par les usines de pâtes et de papiers. Aux fins du présent rapport, les données du premier cycle ont été regroupées sans tenir compte des différences dans les méthodes de collecte, les techniques de tri, l'identification taxonomique ou les analyses statistiques. Il faut faire attention lorsqu'on interprète des données qui ont été regroupées sur une grande échelle, car la compilation ne tient pas compte du manque de cohérence possible entre les ensembles de données. Cela dit, les comparaisons illustrées dans la figure 7 indiquent si le rapport du premier cycle de chaque usine a dénoté une différence dans la richesse et l'abondance des espèces dans la communauté d'invertébrés benthiques, indépendamment de la technique d'échantillonnage ou de l'analyse statistique qui ont été utilisées. Durant les prochains cycles, une plus grande uniformité entre les usines dans l'analyse et la collecte des données donnera des conclusions plus sérieuses concernant les effets des usines sur la communauté d'invertébrés benthiques.

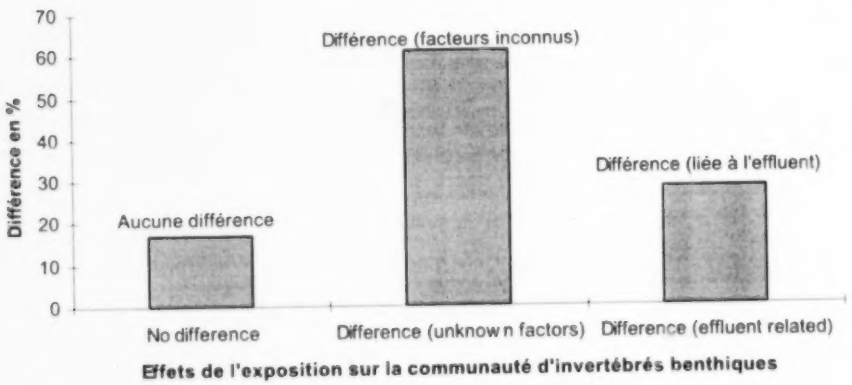

Figure 7 : Effets de l'exposition de la communauté d'invertébrés benthiques à l'effluent des usines, en fonction des différences dans la richesse et l'abondance entre les sites d'exposition et les sites de référence, et selon que les différences sont attribuables ou non à des facteurs de confusion - premier cycle (modifié par rapport à EEM, 1997e)

Analyse des dioxines et des furanes dans les tissus

Les résultats obtenus durant le premier cycle montrent de faibles concentrations de dioxines et de furanes dans les parties consommables des poissons. Par exemple, pour les usines se déversant dans l'eau douce, on a généralement noté que les concentrations de dioxine étaient faibles (généralement <1 ppt) ou non détectables dans les échantillons de poisson analysés (EEM, 1997f).

Ces données concordent avec les conclusions du Programme canadien d'échantillonnage des dioxines (Duncan, 1998) et montrent que l'industrie a rapidement mis en oeuvre des stratégies de traitement et de changement de procédé afin d'éliminer les dioxines et les furanes des effluents conformément au *Règlement sur les dioxines et les furannes chlorés dans les effluents des fabriques de pâtes et de papiers,* relevant de la LCPE (voir <http://www.ec.gc.ca/enforce/report/french/chap3fr.htm>). Pour les usines qui rejettent leurs effluents en milieu marin au Canada atlantique, les concentrations de dioxines et de furanes sont faibles ou non détectables dans les tissus des poissons; on n'a cependant prélevé aucun échantillon d'hépatopancréas de homard ou de crabe ou de foie de poisson (EEM, 1997f). Il y a toutefois quelques sites qui n'ont pas réduit les dioxines et où les niveaux de dioxines et de furanes dans les tissus consommables dépassaient les recommandations sur la consommation du poisson sécuritaire pour la santé humaine (figure 8).

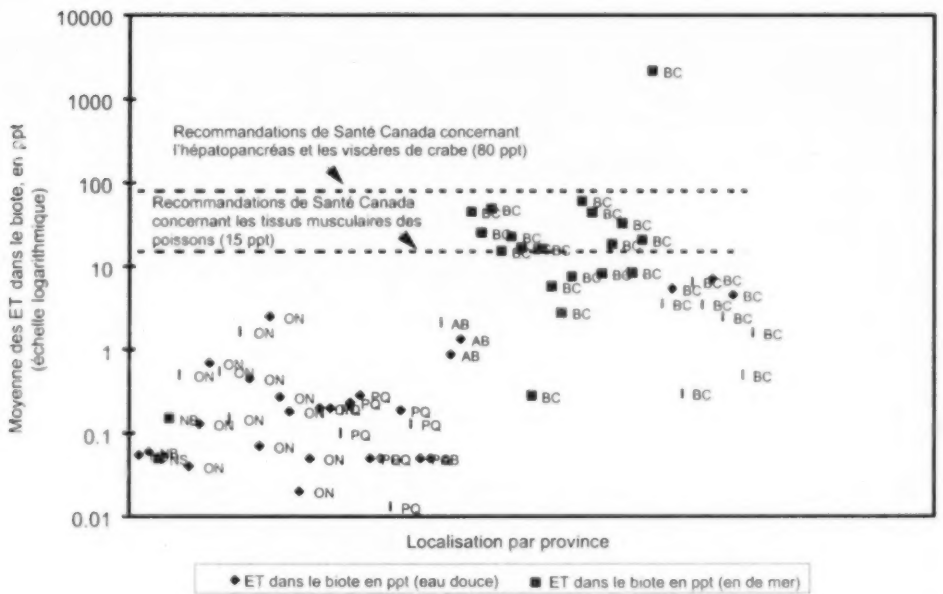

Figure 8 : Valeurs normalisées en équivalents toxiques (ET) des dioxines et des furanes dans les tissus de poisson consommables - premier cycle. NB = Nouveau-Brunswick, NS = Nouvelle-Écosse, ON = Ontario, PQ = Québec, AB = Alberta, BC = Colombie-Britannique (modifié par rapport à EEM, 1997f)

Évaluation de l'altération

En général, les résultats du premier cycle concernant l'évaluation de l'altération n'étaient pas concluants, en raison de facteurs de confusion. Parmi les problèmes posés par la conception de l'étude, il faut mentionner que les populations de poissons des zones d'exposition et de référence

n'étaient pas isolées les unes des autres dans l'environnement, que les poissons étaient prélevés dans différents habitats et qu'on a été incapable d'isoler l'influence de l'usine de celles d'autres sources de contaminants. On a aussi décelé des problèmes au niveau de l'évaluation sensorielle. Par exemple, on a jugé que les évaluateurs n'étaient pas suffisamment formés, que le test en triangle était trop sensible et ne fournissait pas un écart de différence dans le goût, et que le test de préférence n'était pas administré adéquatement. Depuis, de nouvelles instructions détaillées sur la façon d'effectuer une évaluation de l'altération ont été élaborées à partir de l'évaluation du premier cycle et font partie de l'ESEE (1998).

Essais de toxicité sublétale

Durant le premier cycle, les usines devaient effectuer trois essais de toxicité sublétale (avec une espèce de poisson, une espèce d'invertébré et une espèce de plante), à une fréquence d'une fois par quatre mois, durant l'année où on a procédé à la surveillance sur le terrain. Les résultats ont servi à examiner l'utilité des essais de toxicité sublétale utilisés durant le premier cycle et à déterminer, le cas échéant, quel avait été l'effet du traitement secondaire sur la qualité générale de l'effluent.

Dans l'ensemble, les données recueillies durant le premier cycle au moyen des essais de toxicité sublétale étaient de bonne qualité. Mais la variabilité entre les usines de tout le Canada relativement aux milieux récepteurs, aux procédés utilisés par les usines et au traitement de l'effluent entraîne, entre les usines, une variation dans les types d'essais de toxicité sublétale (voir le tableau 1). Ce manque d'uniformité d'une usine à l'autre ajoute de l'incertitude aux conclusions quand les données sont regroupées.

Les données sur la toxicité ont cependant été analysées à l'échelle nationale et les procédés de différentes usines ont été regroupés. En général, on a trouvé en général que l'implantation du traitement secondaire a amélioré la qualité de l'effluent en ce qui a trait à la toxicité sublétale. Par exemple, dans les essais sur la croissance et la reproduction de la daphnie (*Ceriodaphnia dubia*) (figure 9), les données montrent une tendance décroissante dans les valeurs de la CI_{25} après le début du traitement secondaire lorsqu'on les compare avec les résultats des essais de toxicité de l'effluent soumis à un traitement primaire. On constate une tendance très marquée vers la réduction de la toxicité dans le cas des usines qui ont recours au traitement secondaire. Ces résultats sont semblables pour la plupart des essais de toxicité sublétale qui ont été réalisés.

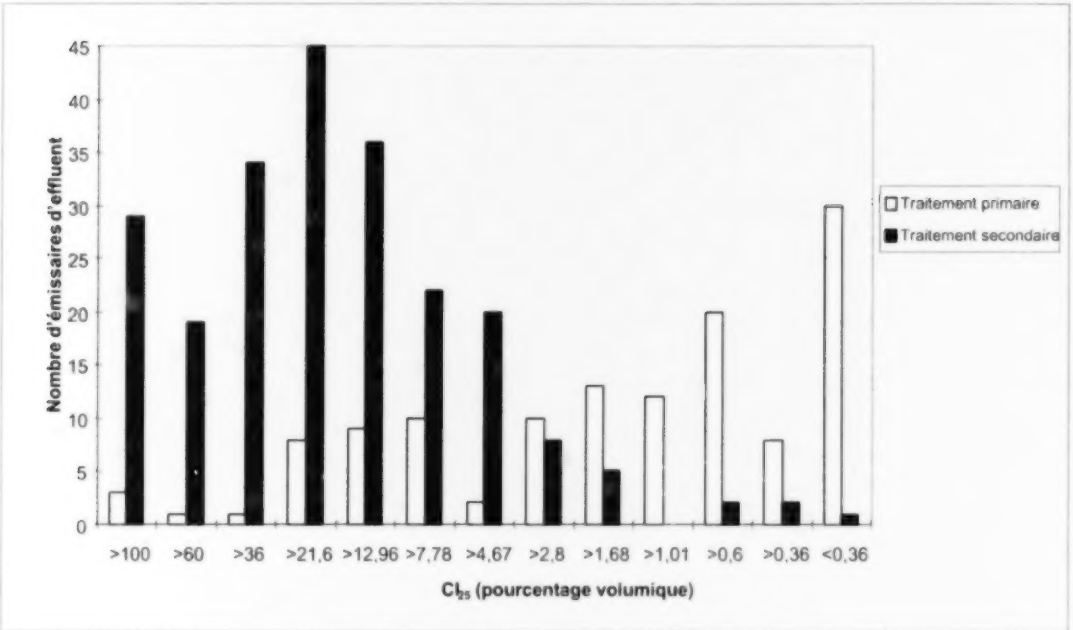

Figure 9 : Comparaison entre le traitement primaire et le traitement secondaire, pour les données de toxicité létale provenant des essais de reproduction sur *Ceriodaphnia dubia* - premier cycle de l'ESEE du secteur des pâtes et papiers (modifié par rapport à EEM, 1997h)

On a examiné l'efficacité des neuf essais de toxicité sublétale en étudiant la sensibilité de chaque sorte d'essai et sa capacité à détecter des tendances. L'essai d'inhibition de la croissance sur la plante macroscopique (*Lemna minor*), en eau douce, n'était pas un indicateur sensible et ne réussissait pas à détecter des tendances en ce qui a trait aux effets des effluents soumis à un traitement primaire, par opposition à ceux ayant subi un traitement secondaire. Cette insuffisance est peut-être partiellement attribuable à l'absence de protocole normalisé. Seules quelques usines ont effectué l'essai sur un salmonidé dans les premiers stades de sa vie (truite arc-en-ciel *Oncorhynchus mykiss*); la pertinence de cet essai reste donc à démontrer. Aucune usine n'a effectué d'essai de toxicité sublétale marine au moyen du méné tête-de-mouton (*Cyprinodon variegatus*). Tous les autres essais, à l'exception des essais de toxicité sublétale sur échinides et algues marines (*Champia parvula*) ont été jugés suffisamment sensibles pour qu'on puisse observer des tendances générales.

Traceurs chimiques

L'utilisation de traceurs visait surtout à confirmer que les poissons avaient été exposés à la phase liquide de l'effluent dans le milieu récepteur. Dans le premier cycle, les usines ont utilisé environ 100 substances chimiques à titre de traceurs, soit 92 traceurs chimiques organiques, 7 traceurs chimiques inorganiques et 1 traceur biochimique. C'est l'espèce du meunier noir (*Catostomus commersoni*) qu'on a utilisée le plus pour surveiller tous les groupes de produits chimiques

organiques. Parmi les autres espèces, on peut mentionner le meunier rouge (*C. catostomus*), la plie rouge (*Pleuronectes americanus*) et le doré jaune (*Stizostedion vitreum*). La recherche de produits chimiques organiques a surtout porté sur les muscles, le foie, la bile, le foie/vésicule biliaire et l'hépatopancréas. Les acides résiniques ont représenté le groupe le plus courant de produits chimiques mesurés comme traceurs.

Les résultats ont montré que seulement une petite portion des composés mesurés dans les zones d'étude et de référence ont été effectivement détectés. Par exemple, seulement 3 à 5 % des phénols chlorés, 9 à 11 % des furanes chlorés, 11 à 14 % des dioxines chlorées et 16 à 25 % des acides résiniques ont été détectés. De nombreux traceurs détectés chez les poissons prélevés dans les sites d'étude l'ont également été dans les sites de référence. La plupart des poissons prélevés pour l'étude des poissons adultes dans les deux sites étaient capturés à un intervalle de quelques jours à plusieurs semaines. Les distances entre les sites d'étude et de référence variaient considérablement. Dans le cas de nombreuses usines, les poissons auraient également pu se déplacer facilement entre le site d'étude et le site de référence, ce qui expliquerait pourquoi, dans certains cas, les poissons du site de référence révélaient des concentrations plus élevées de traceurs que ceux capturés au site d'étude.

Suite à l'évaluation des données du premier cycle, le groupe d'experts sur les traceurs a conclu que l'utilisation de traceurs n'était pas entièrement couronnée de succès à cause de certains facteurs. Le problème le plus marquant a constitué à trouver des traceurs chimiques convenables, particulièrement dans l'effluent subissant un traitement secondaire. Le traitement secondaire ou l'utilisation moindre de chlore sous forme atomique dans le blanchiment a réduit considérablement les concentrations d'acides gras et résiniques et de nombreux chlorophénols. En outre, la bile a été reconnue comme l'entité étant la plus susceptible de contenir la concentration maximale d'acides gras et résiniques, mais le prélèvement de quantités suffisantes de bile, particulièrement pour les petits poissons, a posé un véritable défi.

Modification du programme d'ESEE — deuxième cycle et étapes suivantes

Durant le processus d'examen du premier cycle, on a découvert qu'il fallait établir un équilibre entre le programme réglementaire national et les études scientifiques adaptées aux conditions locales de chaque usine. Les groupes d'experts ont élaboré une série « d'arbres de décision » pour l'étude des poissons (voir la figure 10 ci-dessous), l'évaluation de la communauté d'invertébrés benthiques, l'analyse des dioxines et des furanes, l'évaluation de l'altération et les exigences relatives aux traceurs. Ces arbres de décision peuvent contribuer conjointement avec les résultats du premier cycle (et des cycles suivants) à la conception des prochains cycles. Par rapport au premier cycle, les usines ont ainsi acquis une plus grande marge de manoeuvre dans la conception de leur étude de SEE.

Afin d'améliorer les méthodes de collecte des données, on s'intéresse à diverses autres techniques d'échantillonnage permettant d'étudier les poissons et la communauté des invertébrés benthiques ou de mesurer les traceurs chimiques dans les poissons. Aucune autre option n'est approuvée actuellement à l'échelle nationale, mais il est demandé aux usines de suggérer d'autres options si,

par exemple, les résultats du premier cycle indiquent qu'une étude concernant les populations de poisson n'est pas faisable. Deux autres options qui sont expérimentées au moyen de projets pilotes sont les études sur les bivalves en cage et les bioessais sur place.

Étude des poissons

Au deuxième cycle, l'étude des poissons visera à obtenir des nombres suffisants de poissons d'espèces sentinelles dans les zones d'exposition et de référence et ensuite à repérer dans les paramètres des populations les changements liés aux usines. À cet égard, les exigences concernant l'échantillonnage n'ont généralement pas été modifiées après l'examen des résultats du premier cycle.

En vue du deuxième cycle, les usines ont été encouragées à choisir des espèces de poissons de petite taille comme espèces sentinelles, afin de tenter de régler le problème de la migration des poissons entre les zones d'exposition et de référence, car les petits poissons ont un domaine vital plus restreint. On ne recommande plus de prendre le crabe ou le homard comme espèces sentinelles, vu qu'on ne dispose pas de techniques fiables pour établir l'âge des spécimens dans ces espèces. On incite plutôt les usines à se servir des poissons comme espèces sentinelles, car leur âge est plus facile à déterminer.

Si on se fonde sur l'arbre de décision de l'étude des poissons (figure 10), toutes les usines ne seront pas obligées de procéder à une étude des poissons. Cette évaluation doit être effectuée avant chaque cycle de l'ESEE. Par exemple, les usines déversant un effluent dans des zones à grande dilution (c.-à-d. l'effluent est dilué à <1 % en deçà de 250 m du point de rejet) pourraient devoir opter pour une autre approche que l'étude des poissons. Elles continueraient toutefois d'assumer la responsabilité de réaliser les autres éléments du programme d'ESEE.

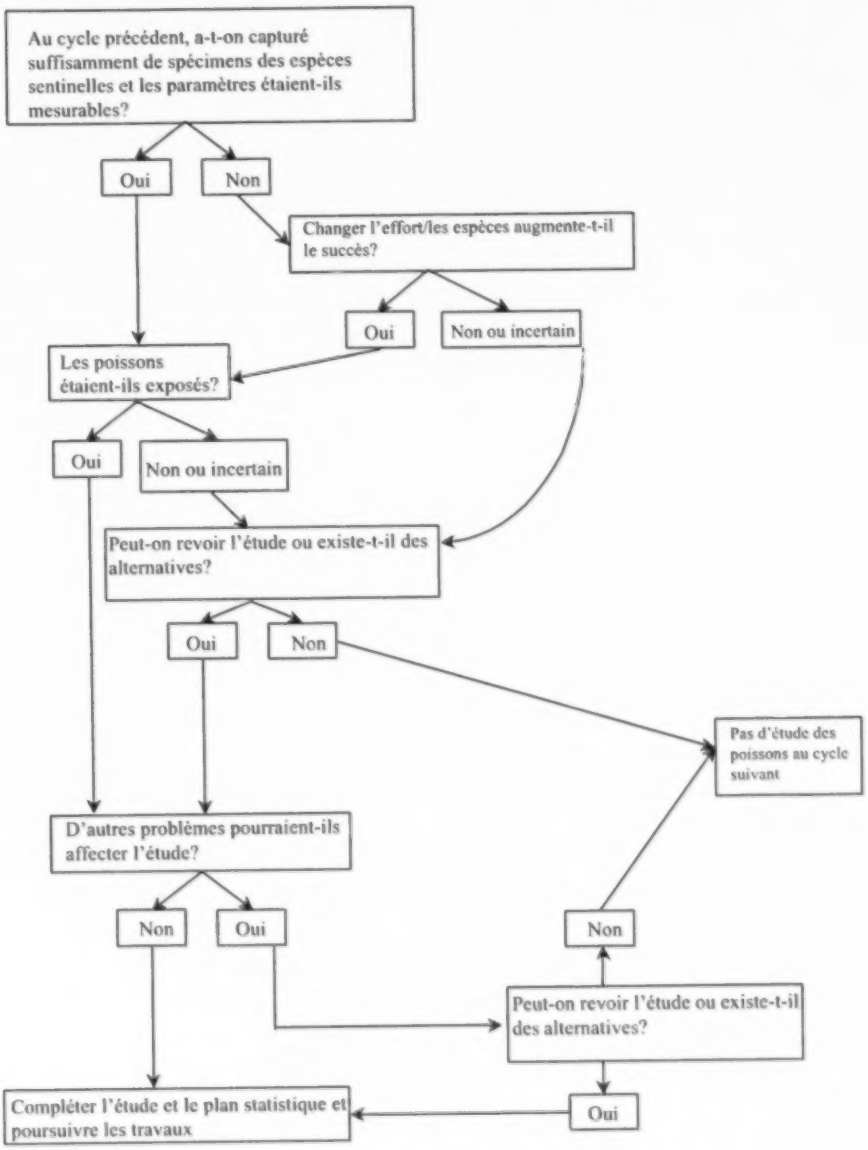

Figure 10 : Exemple d'un arbre de décision utilisé durant le premier cycle pour l'étude des poissons

Évaluation de la communauté d'invertébrés benthiques

Après avoir terminé l'examen du premier cycle, le groupe d'experts sur la communauté d'invertébrés benthiques a conclu que ce genre d'étude avait obtenu un certain succès. Au nombre des problèmes décelés par ce groupe et par les services régionaux d'Environnement Canada, on

remarque l'absence d'orientation sur les liens entre l'effluent de l'usine et la transformation de la structure de la communauté d'invertébrés benthiques, la trop grande complexité des méthodes statistiques et la nécessité de mieux normaliser les méthodes d'échantillonnage.

Afin d'aider à distinguer si un effet est attribuable à une usine ou non, on a proposé de mesurer un ensemble normalisé de caractéristiques physiques ou chimiques (voir le chapitre 7 de l'ESEE 1998). La mesure des caractéristiques de l'environnement peut aider à distinguer entre les effets naturels et ceux causés par une usine. On dispose maintenant de cinq options d'échantillonnage, ce qui laisse plus de latitude dans le choix de zones de référence adéquates. Pour plus de détails, on peut consulter le chapitre 7 de l'ESEE (1998).

Analyses des dioxines et des furanes dans les tissus
Au premier cycle, toutes les usines ont été capables de prélever des échantillons et d'en faire analyser les concentrations de dioxines et de furanes. Lors de l'examen du premier cycle, le groupe d'experts sur la dioxine a cependant repéré plusieurs faiblesses touchant le processus et les données, particulièrement en ce concerne les rapports d'AQ/CQ. Il a toutefois recommandé des solutions adéquates en vue d'y remédier au cours des prochains cycles.

Afin de réussir à améliorer la spécificité des sites, on a établi une série de critères permettant de décider s'il faut inclure ou non les analyses de tissus pour déceler la présence de dioxines et de furanes. Par exemple, les usines ne sont plus obligées d'effectuer ces analyses quand :

- les concentrations de dioxines et de furanes des cycles précédents sont inférieures à celles recommandées pour la consommation des poissons, ou s'il n'y a pas eu de fermeture ou d'avis de non-consommation justifiés par une contamination par les dioxines et les furanes du milieu récepteur de l'usine;
- l'usine s'est conformée au règlement d'application de la LCPE concernant les dioxines et les furanes durant les douze mois précédents.

Dans les endroits où les concentrations de dioxines et de furanes tournent autour de celles précisées dans la recommandation concernant la consommation, et si on ne peut se baser sur d'autres données ou programmes, l'agent régional d'autorisation peut exiger que l'analyse des dioxines et des furanes soit intégrée au prochain cycle de l'ESEE.

Évaluation de l'altération
L'examen du premier cycle a confirmé que les études sur l'altération n'ont pas été concluantes à cause de facteurs de confusion et de l'absence de méthodologies sensorielles normalisées. À la suite de cet examen, le groupe d'experts sur le potentiel d'utilisation des ressources a recommandé de normaliser la méthodologie concernant l'altération, tout en gardant à l'esprit que les résultats des prochaines évaluations de l'altération peuvent demeurer peu concluants à cause des nombreux critères à respecter pour obtenir des données statistiques significatives et du fait que certaines usines ne seront pas en mesure d'atteindre la conformité.

Compte tenu de ce qui précède, le groupe d'experts a présenté plusieurs recommandations relatives aux facteurs qui déclenchent l'altération. Durant les cycles suivants, les usines ne seront pas obligées d'évaluer l'altération s'il y existe un risque potentiel pour la santé humaine (p. ex., si

la zone de pêche est fermée ou s'il y a une recommandation de non-consommation concernant cette espèce de poisson), s'il n'y a eu aucune plainte justifiée depuis 1992, ou si l'évaluation sensorielle effectuée au premier cycle a démontré que l'altération pose un problème.

Le groupe d'experts a aussi présenté les recommandations suivantes concernant les méthodologies et les approches en matière d'évaluation sensorielle. Le test de différence par rapport au témoin a été vivement recommandé. Le principal avantage de ce test est que la différence de degré dans l'altération est plus facile à définir et que l'évaluateur est moins influencé par d'autres facteurs de l'échantillon. Les données recueillies par cette méthode peuvent être analysées au moyen de tests statistiques normalisés afin de déterminer si le niveau d'altération est différent par rapport au témoin. Néanmoins des exigences et des objectifs propres à un site peuvent dicter d'utiliser en plus d'autres tests d'évaluation sensorielle, à condition de suivre de bonnes pratiques scientifiques.

Essais de toxicité sublétale

L'examen du premier cycle effectué par le groupe d'experts sur la toxicologie a donné une idée précise des avantages du traitement biologique de l'effluent, car des échantillons ont été prélevés à plusieurs usines avant et après l'installation de systèmes de traitement. Le traitement secondaire visait à éliminer la létalité aiguë et à réduire les solides en suspension et la DBO, mais il a également amélioré beaucoup la qualité de l'effluent en ce qui concerne la toxicité sublétale. Le groupe d'experts a donc recommandé, pour les prochains cycles, d'effectuer deux fois par année tous les essais de toxicité sublétale sur le développement des poissons aux premiers stades de la vie, sur la reproduction des invertébrés et sur la toxicité pour les plantes.

Certains changements mineurs ont été recommandés pour le deuxième cycle et les étapes subséquentes. Par exemple, le groupe d'experts a recommandé que l'essai d'inhibition de la croissance de la plante macroscopique (*Lemna minor*) soit complètement éliminé du programme à cause de son manque de sensibilité, comme l'a démontré le premier cycle. Le groupe a aussi recommandé d'administrer aux algues vertes (*Selenastrum capricornutum*) l'essai de toxicité pour les plantes en eau douce, et de remplacer le méné tête-de-mouton (*Cyprinodon variegatus*), qui n'a pas été utilisé durant le premier cycle, par la capucette barrée (*Atherinops affinis*) pour l'essai sur le développement des poissons aux premiers stades de la vie.

Traceurs chimiques

L'examen du premier cycle a confirmé que l'utilisation de traceurs chimiques n'a pas donné de bons résultats. Par conséquent, le groupe d'experts sur le sujet a proposé certaines recommandations. Le groupe a tout d'abord établi la nécessité de fixer des objectifs plus précis pour l'utilisation des traceurs, peut-être pour une substance chimique ou un groupe de substances chimiques, au besoin, et de fixer des critères permettant de déterminer si l'objectif a été atteint. Dans le cadre de l'étude des poissons adultes, il faut aussi reconnaître que le suivi des traceurs est soumis à des limites dans un milieu ouvert où les organismes se déplacent en toute liberté. Des concentrations élevées d'un traceur dont la demi-vie est relativement courte pourraient suggérer que les poissons ont été exposés à l'effluent. Il serait toutefois impossible de définir la durée de séjour d'un poisson dans cette zone à cause de la probabilité qu'un poisson en liberté puisse traverser plusieurs gradients de concentration. Enfin, le groupe d'experts a recommandé

d'adopter des processus décisionnels propres à chaque site afin de déterminer de façon éclairée quelles usines ont une probabilité élevée d'atteindre l'objectif souhaité.

Des recommandations plus précises concernaient l'utilisation des acides résiniques comme le traceur le plus prometteur pour les usines de transformation des résineux. Il faudrait également étudier d'autres traceurs potentiels liés aux résineux et en trouver pour les usines qui traitent les feuillus et d'autres substances ligneuses. Le groupe a aussi conçu un arbre de décision afin de garantir que le processus de prise de décision tiendra compte des facteurs suivants : si le poisson de la zone d'étude peut être capturé dans une zone dont les concentrations de l'effluent sont assez stables, si l'usine étudiée utilise un pourcentage élevé de particules de résineux, s'il y a des obstacles séparant les zones d'étude et de référence et quelles sont les concentrations d'acides résiniques dans l'effluent.

Conclusion

Le présent rapport présente, pour l'ensemble du pays, un sommaire des progrès réalisés dans le cadre du programme d'ESEE destiné au secteur des pâtes et papiers, après la conclusion du premier cycle. Bien qu'on ne puisse dégager de tendances marquées ni tirer de conclusions concrètes des données du premier cycle, les résultats montrent, dans certains sites, quelques différences entre les zones exposées à l'effluent des usines et les zones de référence. Ces données étant préliminaires, il faudra assurer plus de suivi au moyen de méthodologies scientifiques normalisées pour obtenir des observations plus concluantes. Malgré tout, certaines méthodologies recommandées pour le programme d'ESEE ont été améliorées, et on dispose notamment de meilleures pratiques d'AQ/CQ et d'une plus grande souplesse permettant une surveillance plus adaptée à chaque site. Ces progrès auront des répercussions positives sur les prochaines étapes.

Références

Duncan, R.K. 1998. Un net progrès : rapport sommaire sur les résultats du Programme canadien d'échantillonnage des dioxines de 1989 à 1994. Ottawa, Pêches et Océans Canada.

ESEE. 1997a. Exigences en matière de suivi des effets sur l'environnement aquatique. ESEE/1997/1 (révision SPE 1/RM/18). Ottawa, Environnement Canada. Téléchargeable en format PDF à l'adresse <http://www.ec.gc.ca/eem/frechn/ppdownloads_f.htm>.

ESEE 1997b. Exigences en matière de suivi des effets sur l'environnement aquatique par les fabriques de pâtes et de papiers. Annexe 1 au ESEE/1997/1. Ottawa, Environnement Canada. Téléchargeable en format PDF à l'adresse <http://www.ec.gc.ca/eem/french/ppdownloads_f.htm>.

EEM. 1997c. Fish Survey Expert Working Group Report. EEM Technical Management Committee. EEM/1997/6. Ottawa: Environment Canada.

EEM. 1997d. Tracer Expert Working Group Report. EEM Technical Management Committee. EEM/1997/2 is also published as: Ali, N. et al. 1997. Exposed or Not Exposed: The Effectiveness of Using Tracers to Verify Exposure of Fish to Pulp and Paper Mill Effluent. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2162.

EEM. 1997e. Benthic Invertebrate Community Expert Working Group Report. EEM Technical Management Committee. EEM/1997/7. Ottawa: Environment Canada.

EEM. 1997f. Dioxin Expert Working Group Report. EEM Technical Management Committee. EEM/1997/3. Ottawa: Environment Canada.
EEM. 1997g. Usability of Resources Expert Working Group Report. EEM Technical Management Committee. EEM/1997/4. Ottawa: Environment Canada.
EEM. 1997h. Toxicology Expert Working Group Report. EEM Technical Management Committee. EEM/1997/5. Ottawa: Environment Canada.
ESEE. 1998. Guide technique pour l'étude du suivi des effets sur l'environnement aquatique par les fabriques de pâtes et papiers. ESEE/1998/1. Ottawa, Environnement Canada. Téléchargeable en format PDF à l'adresse <http://www.ec.gc.ca/eem/french/ppdownloads_f.htm>.
Hodson, P.V., M. McWhirther, K. Ralph, B. Gray, D. Thivierge, J. Carey, and G. Van Der Kraak. 1992. Effects of bleached kraft mill effluent on fish in the St. Maurice River, Québec. Environmental Toxicology and Chemistry 11: 1635–1651.
ISO. 1992. Analyse sensorielle - Vocabulaire. ISO 5492. Genève, Organisation internationale de normalisation.
McMaster, M.E., G.J. Van Der Kraak, C.B. Portt, K.R. Munkittrick, P.K. Sibley, I.R. Smith, and D.G. Dixon. 1991. Changes in hepatic mixed function oxidase (MFO) activity, plasma steroid levels and age at maturity of a white sucker (*Catostomus commersoni*) population exposed to a bleached kraft mill. Aquatic Toxicology 21: 199–218.
McMaster, M.E., C.B. Portt, K.R. Munkittrick, and D.G. Dixon. 1992. Milt characteristics, reproductive performance and larval survival and development of white sucker exposed to bleached kraft mill effluent. Ecotoxicology and Environmental Safety 23: 102–117.
Munkittrick, K.R., G.J. Van Der Kraak, M.E. McMaster, C.B. Portt, M.R. Van Den Heuval, and M.R. Servos. 1994. Survey of receiving water environmental impacts associated with discharges from pulp mills. 2. Gonad size, liver size, hepatic EROD activity and plasma sex steroid levels in white sucker. Environmental Toxicology and Chemistry 13(7): 1089–1101.
Södergren, A. 1989. Biological Effects of Bleached Pulp Mill Effluents. Final Report. Report 3558. Solna, Sweden: National Swedish Environmental Protection Board.

Lectures complémentaires

On peut consulter le site du Bureau national du SEE à l'adresse <http://www3.ec.gc.ca/eem/>.

Agriculture et Agroalimentaire Canada. 1997. Profil des tendances de production et des enjeux environnementaux du secteur agricole et agroalimentaire canadien. Publication 1938/F. Ottawa.
Colodey, A.G., M.E. Hagen, J.M. Boyd, and A.E. Redenbach. 1999. Pulp and Paper Environmental Effects Monitoring (1993–1996): British Columbia Cycle 1 Synopsis and Cycle 2 Changes. North Vancouver: Environment Canada.
Gouvernement du Canada. 1996. L'État de l'environnement au Canada — 1996. Ottawa: Environnement Canada. Disponible sur Internet à l'adresse <http://www.ec.gc.ca/soer-ree/français/National/National.cfm>.
Humphrey, S. and N. Ali. 1997. Environmental Effects Monitoring at Twenty-Seven Pulp and Paper Mills in Ontario. Synthesis of Cycle One Study Results and Recommendations for Cycle Two. Downsview: Environment Canada.
Langlois, C. et N. Dubuc. 1999. Études de suivi des effets sur l'environnement (ESEE) des fabriques de pâtes et de papiers : synthèse des résultats des 47 études réalisées au Québec dans le cadre du cycle 1. Québec, Environnement Canada.
Lowell, R.B. 1997. Discussion Paper on Critical Effect Size Guidelines for EEM Using Benthic Invertebrate Communities. Report to the Environmental Effects Monitoring Program. Ottawa: Environment Canada.

Parker, R. and N. Smith. 1997. A Synopsis of the First Cycle of the Pulp and Paper Mill Environmental Effects Monitoring Program in the Atlantic Region. Dartmouth: Environment Canada.

Glossaire

Benthivore : aux fins de l'ESEE, les benthivores sont des poissons qui se nourrissent d'organismes benthiques.

CI_{25} : estimation de la concentration d'un produit expérimental causant une réduction de 25 % d'une mesure biologique quantitative telle que la croissance du poisson.

Dioxines et furanes : substances chimiques complexes qui contiennent parmi leurs éléments du chlore, du carbone et de l'oxygène. Comme elles sont souvent les sous-produits de plusieurs procédés industriels, elles sont parmi les substances chimiques les plus toxiques et les plus persistantes.

Échantillon composite : regroupement à des fins d'analyse d'échantillons prélevés individuellement, pour en faire un échantillon homogène.

Effet : différence statistiquement importante entre des mesures prises dans une zone d'exposition et des mesures prises dans une zone de référence en ce qui a trait aux poissons ou aux invertébrés benthiques. Lorsqu'il n'est pas possible d'examiner les poissons ou les invertébrés benthiques dans leur milieu naturel, dans les endroits exposés à l'effluent et dans des sites de référence, un autre indicateur relatif au poisson ou à l'habitat du poisson qui est propre à ce site peut être utilisé pour déterminer si l'effluent exerce un effet.

Espèces sentinelles : espèces choisies dans le cadre de l'étude d'une population de poissons où on prélève des échantillons afin de déterminer l'existence d'effets sur le poisson.

Essai de différence par rapport au témoin : un test d'évaluation sensorielle (« altération ») dans lequel les échantillons (p. ex., poisson) ont été exposés à l'effluent soit sur le terrain, soit dans des conditions de laboratoire et où des échantillons témoins non identifiés (cachés) sont comparés à un échantillon témoin identifié. Un formulaire normalisé d'évaluation sensorielle est utilisé pour noter la présence ou l'absence d'une différence intéressant la caractéristique à l'étude (c.-à-d., altération) et l'intensité de cette différence.

Essai de toxicité sublétale : aux fins de l'ESEE, un essai qui mesure habituellement la proportion d'organismes affectés par leur exposition à des concentrations précises de substances chimiques, d'effluent, de lixiviat ou d'eau réceptrice.

Furanes : voir *Dioxines et furanes.*

Gonades : organes reproducteurs du poisson; ovaires ou testicules.

Invertébré benthique : animal sans vertèbres qui vit au fond (sédiments, débris, troncs d'arbre, macrophytes) d'habitats aquatiques (océan, mer, lac, rivière, ruisseau) durant au moins une partie de son cycle de vie.

Mesure terminale : signifie la variable (c.-à-d. le temps, la réaction des organismes, etc.) obtenue à la fin d'un essai; signifie également la mesure ou une valeur dérivée qui caractérise les résultats d'un essai.

Néoplasmes : nouvelles croissances anormales de tissus; tumeurs.

Pourcentage volumique (% v/v) : pourcentage de l'effluent dans la solution d'essai finale.

Sublétal : nocif pour un organisme, mais à un niveau inférieur à celui causant directement la mort au cours de la période d'essais.

Toxicité : potentiel inhérent ou capacité d'une substance à agir sur un groupe d'organismes choisis dans des conditions définies.

Zone d'étude : comprend toutes les zones où on effectue une ESEE (zones d'exposition et de référence).

Zone d'exposition : zone du milieu aquatique exposée à l'effluent des usines de pâtes et de papiers.

Zone de référence : zone qui n'est pas exposée à l'effluent et qui possède des caractéristiques aussi semblables que possible à celles de la zone d'exposition.